ELEMENTI

DI

FISICA UNIVERSALE.

FRANCESCO REGNANI

PROFESSORE DI ECONOMIA POLITICA E DI FISICA

IN ROMA

ELEMENTI
DI
FISICA UNIVERSALE

DEL SACERDOTE ROMANO

FRANCESCO REGNANI

DOTTORE IN SACRA TEOLOGIA ED IN FILOSOFIA E MATEMATICA,
PROFESSORE DI FISICO-CHIMICA NEL LICEO DEL PONTIFICIO SEMINARIO ROMANO,
E DI FISICA UNIVERSALE NEL GINNASIO ROMANO DI FILOSOFIA ALLA PACE.

SECONDA EDIZIONE

MIGLIORATA, E NOTABILMENTE ACCRESCIUTA DALL' AUTORE.

PARTE PRIMA.

ROMA.
NELLA STAMPERIA DELLE INCISIONI ZILOGRAFICHE.
21. Passeggiata di ripetta.

1863.

PERCHÈ QUESTI NUOVI ELEMENTI DI FISICA?

Per più ragioni. Ed in prima per offerire agli studenti di Filosofia nei Seminarii, nei Licei, e nei Ginnasi un libro, il quale quanto al metodo ed alle materie sia un'Instituzione di Fisica, quale ad essi abbisogna. Dacchè dal principio del secolo passato in qua, come molti giustamente lamentano (a), *di tal fatta libri vi à, non che penuria, assoluta mancanza. Conciossiachè coloro i quali, dedicandosi alle scienze filosofiche, debbono coltivare gli studii fisici che ne fan parte, ànno uopo di* tutte *quelle cognizioni, non materialmente artistiche, o puramente storiche, ma veracemente* scientifiche, *le quali sono o un compimento ed una erudizione indispensabile per ogni persona colta e dotta in qualche altra facoltà, o* la ianua, *dirò così, e la preparazione necessaria a chiunque intenda passare nelle Università per dedicarsi esprofesso ad un qualche ramo speciale delle scienze naturali. Ond' è che in una Instituzione di simil fatta innanzi tutto, per quello che spetta alle materie, da una parte nulla non deve essere omesso di quanto interessa alla cognizione e spiegazione dei grandi fenomeni del Mondo corporeo; e dall'altra ne debbono essere francamente escluse tutte le opinioni non dimostrate, che*

(a) *Vedi* « **Intorno alla Scienza Fisica Discorso del Dottor Luigi Galassi – Roma** » *Il quale mi à dato questo primo motivo, che qui espongo.*

sono spesso aberrazioni e trovati di menti più fantastiche che filosofiche, tutte le minute esperienze destinate a rispondere a problemi astratti e di mera curiosità o ad esaurire il catalogo delle eccezioni di ciascuna legge, tutti i processi inventivi e pratici sia per le nuove scoperte sia per la costruzione delle macchine ed apparati fisici, e di regola generale tutte eziandio le applicazioni unicamente utili agli agi della vita: per quello poi che si appartiene al metodo, ogni cosa deve essere esposta in modo veramente scienziale, e basata, quando occorra, sopra rigorose dimostrazioni. Ora son tali i libri che abbiamo, specialmente quelli di origine forastiera? Ninno certamente, che per ventura li abbia adottati a testo delle proprie spiegazioni, esiterà un istante a risponder che no. Or bene: io mi sono ingegnato di farne uno; ed è il presente. In cui per conseguenza ò procurato che si acchiudesse tutto ciò, che vi à di più fondamentale e necessario a sapersi in ciascuna branca delle scienze naturali, ed ogni cosa fosse esposta in guisa da ingenerarne scientifica certezza, ed ove infine nulla si rinvenisse di puramente pratico ed ipotetico. In grazia poi di quei giovani che sono dotati di più elevato ingegno, e di quelli Instituti, nei quali da distinti professori si dànno due o tre lezioni di Fisica al giorno, ò aggiunto nel testo medesimo (contraddistinguendole per altro, come oggidì suole usarsi, con un asterisco) quelle poche teorie, che sebbene non costituiscano, se posso dir così, l'ossatura della scienza come le altre, tuttavolta servono a compire un intero sistema in ogni sua parte concatenato. In grazia dei medesimi inoltre e dei lettori non scolari, sono rimandate ad altrettante note a piè di pagina tanto le avvertenze che tornano opportune a legittimare e schiarire certe espressioni, maniere e reticenze più o meno insolite, e per alcuni forse equivoche, quanto le dichiarazioni

di quelle poche applicazioni pratiche, che non avendo veruna utilità per la scienza (e quelle, che l' ànno veramente, non furono mai trasandate nel testo medesimo), ciò non ostante per la loro modernità e visibile rilevanza riscuotono sì grande ammirazione e se ne parla sì di frequente, che un giovane colto non potrebbe ignorarle senza vergogna ; quali sono le Macchine a vapore, la fotografia, l' illuminazione a gasse, il telegrafo elettrico, e la galvanoplastica.

Secondariamente un libro di Elementi, non indegno al tutto di tal nome, oltre l' economia delle materie ed il rigore scientifico del metodo, deve avere un'altra dote importantissima. Dev'essere, il più che si possa, ordinato e piano, e deve passare sempre dalle cose facili e certamente cognite, o già stabilite, alle nuove e difficili. Al quale intento d'uopo è che non solo si eviti accuratamente ogni scorciatoia, ma al contrario allungando qui e colà opportunamente la via, si faciliti ai principianti il cammino su per l'erta della scienza assai più ripida e faticosa, di quello che, specialmente rispetto alla Fisica, altri non creda. E questo è stato un secondo motivo, che mi à spinto a pubblicare la presente Opera. Nella quale dalle cose di pura osservazione, quali sono il cielo, la descrizione delle meteore, della superficie del nostro globo, e dei più grandiosi fenomeni terrestri; si passa allo studio delle qualità fisiche e chimiche dei corpi ponderabili, e di quegli esseri invisibili che soglion chiamarsi imponderabili; e da ultimo si termina colle leggi del moto, e con tutte quelle teoriche, le quali esiggono l' aiuto del calcolo, e le quali formano senza controversia la parte più astrusa e delicata della scienza. Oltre a ciò avvisai che, senza pretendere di comporre un testo che scusi ogni orale spiegazione (chè il richieder tanto è di coloro solamente che di pedagogia non s'intendono gran

fatto), si dovesse mettere in mano a quelli che sono finora forastieri nella scienza una vera guida, *ed imbandire a stomachi ancor deboli e a bocche tuttora sdentate un pasto non che leggiero, acconciamente tritato. Perchè sminuzzando ed allogando con simmetria le varie dottrine, venni distribuendo ciascuna delle tre accennate Parti in Sezioni, Capi, Articoli, e numeri; in questi ultimi venni raccogliendo insieme le definizioni, i teoremi, i problemi, i corollarii, gli scolii; a quel modo a un di presso che era tanto utilmente usato dagli scolastici, e non è ancora del tutto abbandonato dai Matematici. Questo metodo più rigorosamente didascalico (e niuno che siasi per varii anni occupato del pubblico insegnamento nelle scienze sarà per smentirmi) questo dico, potrà togliere forse molto di gaiezza e di eloquenza all' esposizione delle teorie, potrà rendere per avventura più voluminoso il libro; ma ne agevolerà talmente lo studio, da attribuirgli un altro genere di bellezza forse più rilevante, e da abbreviarne dassai l' apprendimento.*

In terzo luogo io ò avuto in mira di porgere ai miei scolari, e a tutti quelli che si trovano nelle stesse condizioni, un testo fatto proprio per loro, rispondente cioè alla loro preparazione filosofica. Dappoichè i giovani, cui debbo instituire, li trovo già informati ad una Metafisica, che non è quella certamente che si suppone (se pur si suppone) negli altri testi, segnatamente stranieri, che sono più in voga. La Metafisica, che ànno appresa coloro, che poi entrano ad essere miei scolari, è quella che senza apostatare dalla fede cattolica, e senza divenirne men calda propugnatrice, si vantaggia ciò nondimanco dei veri perfezionamenti moderni, d' onde essi ci vengano; è quella stessa che già proposta dai più grandi Filosofi etnici, si cristianò per le corre–

zioni che sapientemente vi fecero coloro, i quali fra gli scolastici sortirono un genio inarrivabile, e fu da ultimo riforbita ed accordata colle irrefragabili scoperte della moderna Fisica, ed acconciata a metodo più filosofico sotto l'indirizzo e la sorveglianza della Chiesa, e per opera principalmente dei più eminenti ecclesiastici sia secolari sia regolari che fiorirono da tre secoli in qua. Ma disgraziatamente le Instituzioni di Fisica che ànno più grido, o non si curano affatto di filosofare, e così si riducono ad una selva più o meno selvaggia di fatti slegati; o sono veramente scientifiche, e tu le senti che ti puton da lungi le mille miglia o di occasionalismo e però di idealismo, o di sensismo lockiano, o di kantiano criticismo, e forse anche di materialismo, o di alcun' altra delle tante brutture del moderno filosofismo. Ebbene: io ò dato opera a mettere la Fisica all' unisono colla nostra Metafisica, affinchè le teorie naturali si addentellino e confortino con una buona e vera Filosofia, e viceversa; ed affinchè gli studenti di Fisica, senz' essere alienati dalle considerazioni filosofiche, vengano condotti a battere a piè fermo e senza tergiversazioni l' arduo aringo della scienza.

Tutte le esposte ragioni, e l' avere nei primi anni del mio magistero avuto a testo la dotta Opera litografata del dott. Luigi Galassi (destinata dal suo Autore a supplire alla mancanza di un Corso di Fisica che sia veramente elementare, ma disgraziatamente rimasta incompiuta), facevano sì, che le mie Lezioni, per quanto io mi facessi forza in contrario, non rispondessero affatto al testo francese che per molti motivi mi era stato giuocoforza adottare; e la mia lingua si rifiutasse ostinatamente di esprimersi a quel modo in cui sono esposte le moderne Opere. E questo costituiva una quarta ragione, per la quale io dovea pur finalmente pubblicare un

testo, che armonizzasse colle mie spiegazioni. E perchè gli scolari non ne avessero a scapitare rinunziando a un libro, ornato di belle figure intercalate al testo, le quali scusano di per sè sole il Gabinetto di Fisica, o almeno ne dispensano da un completo assortimento di tutti gli attrezzi e macchine ed apparati non così facili a possedersi; mi son trovato costretto a fare altrettanto, tentando di rivaleggiare, fin dalla prima volta che vi si pon mano quì in Roma, ciò che da vario tempo nell' arte ed impressione zilografica viene altrove eseguito con grande perfezione.

Finalmente per tacere di varii altri motivi di minor conto, l' ultima ragione è stata di dare agli studii naturali una religiosità ed importanza scientifica maggiore di quella che fin quì si avessero. E poichè la scienza consiste nella cognizione delle cagioni, e queste dagli affetti si ànno a conoscere; così avvisai di poter conseguire l'uno e l' altro scopo, cogliendo a quando a quando le occasioni che dalla contemplazione del Mondo ne vengon pòrte (e quando è mai che se ne difetti nello studio del creato?) per invitare gli amanti della scienza a sollevare la mente ed il cuore verso la Cagion Prima, e ad arguire dal mirabile spettacolo della Natura gli ineffabili attributi del grande Facitore e Ordinatore dell' Universo.

L'AUTORE.

PROLEGOMENI.

OGGETTO, STRUMENTI E LOGICA DELLA FISICA. PARTIZIONE DELLA PRESENTE OPERA.

1. Oggetto e rilevanza della Fisica. — * 1. La prima cosa che abbia attratto a sè gli sguardi meditativi e l'attenzione dei dotti, e della quale innanzi ad ogni altra si sia cercato di acquistare scienza, è stato certamente il Mondo materiale. Non intendo dire con ciò, che le prime cognizioni dell'uomo riguardassero la scienza della Natura sensibile. Poichè non ignoro che l'uomo conobbe, fin dal suo primo apparire sulla Terra, le cose più necessarie a sapersi; quali sono la sua origine, la sua destinazione, le sue obbligazioni verso Dio, verso sè, e verso gli altri; come pure ebbe notizia di certe proprietà della materia, e della costanza dei fenomeni, e dei modi onde procurarsi le cose più necessarie a nutrirsi, a ricoprirsi, e a ripararsi dalle intemperie delle stagioni. Conobbe insomma fin da principio la sua *storia*, e certe *arti* rudimentali, e specialmente l'arte del viver rettamente. Conobbe per altro tutto ciò o per rivelazione, o per tradizione, o per osservazione immediata, e direi quasi fortuita, dei fatti più ovvii. Ma quanto a *scienza* vera; a scienza non positiva, ma filosofica, cioè rigorosamente presa; la prima volta che gli uomini si rivolsero ad essa, non fu già per apprendere le scienze astratte, come la Matematica, o l'Ontologia, ma bensì quelle che ànno un oggetto concreto e reale; e fra queste, non quelle che riguardano direttamente Dio, o

l'uomo sia isolato sia in società, come la Teologia, la Psicologia, l'Etica, il Giuspubblico, la Giurisprudenza, la Politica, l'Economia pubblica; in breve, nè le scienze (per usare la divisione platonica) razionali, nè le morali, ma solamente le naturali; in quanto queste insegnano i movimenti ed i varii aspetti degli astri, la disposizione e figura dei continenti, e delle varie loro regioni, l'origine delle malattie ed i loro rimedii. Nè potea essere altrimenti: dacchè le prime cognizioni doveano in pari tempo guidare l'uomo nell'acquisto dei mezzi per la sua sussistenza, ed agiatezza; per la coltura e determinazione dei confini dei campi; per la navigazione, e pei commerci e viaggi terrestri, L'Astronomia e la Geometria, nell'antico senso etimologico della parola, permiste e combinate coi misteri cosmogonici, furono senza controversia le prime scienze dell'uomo. Infatti che altro seppero di scienza, non indegna almeno di tal nome, i ginnosofisti indiani, i più dotti fra i cinesi ed i caldei, i sacerdoti egiziani e fenicii, i magi della Persia, i sapienti della Grecia da Talete fino a Socrate, ed i primi scienziati etruschi, i quali attinsero certamente dagli orientali la loro cultura? Che se è antichissimo lo studio della Natura sensibile, esso è stato anche sempre costantemente coltivato. Poichè, com'è abbastanza noto, ancora dopo che si ebbe rivolta l' attenzione alle scienze morali, e poi anche alle razionali, non fu giammai abbandonato; anzi progredì, si fermò, retrocesse, rinacque con quelle. Basti ricordare la scuola Alessandrina che in esso più ancora che nelle Matematiche e che in ogni altro ramo di scienza fu celebre; ed i Filosofi della scuola italica, dei quali non son tornate in onore che le opinioni sul Mondo; e le immortali fatiche di Ippocrate; e la storia degli animali di Plinio; e la divisione platonica delle scienze; e il nome di Metafisica imposto dai peripatetici agli studii razionali. Che più? Lo studio della Natura non fu trasandato neppure dai severi Stoici. E tutto ciò per tacere degli ultimi tempi, nei quali, dopo i grandi lavori di Galileo di Bacone e di Newton, tale studio non solo à raggiunto in ogni sua parte il grado di vera scienza, ma à acquistato eziandio un' importanza ed un ossequio che forse dee dirsi eccessivo.

* 11. Or bene, da φυσικὴ (naturale) si chiama *Fisica* la scienza della Natura, o la Filosofia naturale. Ma questo vocabolo non ebbe sempre la medesima significazione; anzi oggidì è preso in un senso assai ristretto. Fu già un tempo, in cui l'oggetto dello studio chiamato *Fisica* era la Natura tutta quanta, creata ed increata, corporea ed incorporea; ed allora abbracciava anche le questioni sull'anima, e su Dio. Ma più comunemente questa appellazione si restrinse alla scienza delle cose che cadono sotto i sensi. Anche in tale significato il suo oggetto è vastissimo. I movimenti degli astri; la loro distinzione in stelle fisse, pianeti, comete, satelliti, nebulose,...; la costituzione dei pianeti, le loro fasi, e la loro influenza sulle stagioni, e sulla vegetazione, i metodi per valutarne le distanze e le posizioni, ...; i grandi fenomeni che accadono in alto, i tuoni, i lampi, la pioggia, la grandine, l'arco baleno, i venti, ...; i cangiamenti che avvengono sul nostro globo, le eruzioni vulcaniche, i terremoti, le acque termali, le sorgenti,...; le varie roccie, e gli strati diversi che costituiscono la crosta terrestre, la loro origine e formazion primitiva, ...; e la classificazione delle terre, marmi, cristalli, ...; piante, ...; animali, ...; e la distribuzione della superficie terrestre in continenti, mari, laghi, isole, ...; e la descrizione delle membra ed organi degli animali, e dell'uomo specialmente; e le funzioni di questi organi medesimi; ed i malori ai quali gli animali vanno soggetti, ed i mezzi per guarirneli, ...; e tutte le ricerche sulla semplicità o composizione dei corpi, sulle proprietà e leggi delle combinazioni, ...; e la considerazione dei corpi in quanto si differenziano in solidi, liquidi, e vapori, e nelle loro qualità diverse, e nel loro equilibrio e movimento, ...; e lo studio di quegli agenti fisici che vengono chiamati luce, calorico, elettricità; .... Ma sarebbe cosa da non finir mai l'enumerare tutti gli oggetti di un tale studio, e tutti gli aspetti sotto i quali essi possono esser presi a disaminare. Basti questo rapidissimo cenno per comprendere, come a mano a mano che la Fisica è venuta progredendo, si son dovuti segregar molti oggetti, che prima ne facean parte, per costituirne altrettante facoltà separate e contraddistinte con una propria e diversa appel-

lazione. Imperciocchè si dice *Astronomia* la scienza degli astri; *Metereologia* quella dei fenomeni che accadono nell'atmosfera, lampi, folgori, . . . ; e *Fisica terrestre* lo studio dei più grandi fenomeni terrestri; vulcani, terremoti; . . . . L'Astronomia si distingue in *Uranologia* o *Fisica celeste*, in *Astronomia fisica* o *Meccanica celeste*, ed in *Astronomia pratica*. La prima si occupa dell'aspetto e disegno del cielo, del movimento degli astri, e della loro varietà, e della dipendenza che ànno da essi le vicende delle stagioni, del giorno, e della notte; . . . . La seconda stabilisce le formole per riconoscere le posizioni degli astri, i loro movimenti, le orbite, i periodi, e per correggere gli errori provenienti dall'aberrazione, dalla rifrazione, e dalla imperfezione degli strumenti, e dal loro collocamento. La terza insegna il metodo da tenersi, e gli strumenti da adoprarsi per misurare le posizioni degli astri, le rivoluzioni dei pianeti, ... – Quanto poi alla Terra non ne tratta la sola Fisica terrestre, ma anche la *Geografia*, l'*Etnografia*, e la *Geologia*. La Geografia si differenzia in *fisica*, *matematica*, e *politica*. La prima tratta della distribuzione dei mari, dei continenti, dei monti, dei laghi, . . . ; la seconda determina le posizioni dei paesi per mezzo della longitudine e della latitudine; e la terza discorre dei regni, provincie, governi, ... La Etnografia descrive le diverse razze, costumi, e religioni sparse sulla Terra. La Geologia si aggira sulla struttura interna del globo, sulla composizione e modo di formazione della crosta solida terrestre. L'unione della Uranologia e della Geografia fisica è stata denominata *Cosmografia*; la quale perciò si distingue in *astronomica* e *geografica*. Sebbene per *Cosmografia* spesso si intenda l'arte di rappresentare o dipingere in un piano l'Universo. – Restano a studiare oltre ciò ad una ad una le varie classi degli esseri sia organici sia inorganici; e secondo il vario aspetto, sotto cui questi sono stati riguardati, ne son nate tante facoltà separate. È stata denominata *Storia Naturale* quella facoltà, che si propone di determinare e distinguere i caratteri esterni dei corpi, quali sono la forma, il colore, la frattura, . . . ; per riconoscerli in tutti i luoghi ed in tutti i tempi, chiamarli sempre collo stesso vocabolo, e disporli

quindi in regni, in classi, in generi, in specie, ed in varietà. Essa à tre parti. *Mineralogia* è chiamata quella, che esamina gli esseri, che sono privi di organizzazione e di vita, e i quali non crescono che per sovrapposizione di parti, come sono i metalli, le pietre, i sali, i fossili, ... È detta *Botanica* quella, che riguarda gli esseri dotati di organizzazione e di vita, ma privi di moto spontaneo, come i vegetali. Sebbene talora per Botanica si intenda l'arte del giardiniere: ma più propriamente questa è detta *Orticoltura*, e si chiama *Agricoltura* l'arte, *Agronomia* la scienza della coltura dei campi. Finalmente è appellata *Zoologia* la parte, che à per oggetto quegli esseri organici, i quali sono forniti di vita e moto spontaneo, ossia gli animali. – Si domandano *Anatomia*, *Fisiologia*, e *Medicina* quelle facoltà, che considerano più minutamente gli esseri organizzati, e trattano rispettivamente della costituzione e collocazione degli organi; o della struttura e funzioni di questi organi medesimi e della loro concatenazione, in breve dei fenomeni della vita; o delle malattie a cui vanno soggette le piante, le bestie, e l'uomo, e dei mezzi per liberarneli. Vi è anche un' *Anatomia comparata*, che studia il corpo umano relativamente a quello degli animali, o coll' aiuto di esperienze istituite su questi. La Medicina si divide in molti rami. Si dice *Patologia* il discorso sui sintomi e cause delle malattie, e sulle funzioni degli organi nello stato morboso; *Igiene* la trattazione del modo onde la natura ottiene la vita, e sa prevenire i malori; *Terapia generale* quella, che ricerca come la Natura stessa talora risani, e quali mezzi somministri all' arte per ciò. È quindi la così detta *Materia medica*, che istruisce sulla efficacia delle sostanze medicamentose; e la *Farmacologia*, che ne insegna la manipolazione; e la *Iatria*, che détta i metodi di cura pratica; e la *Clinica*, che guida il medico apprendista al letto del malato; e la *Chirurgia*, che prescrive i modi di operare sulle membra dell' infermo; . . . . – Ma tutte le sostanze, sia del regno minerale, sia del vegetale, sia dell'animale, possono essere studiate più intimamente. Si possono cioè ricercare per mezzo dell'analisi le materie componenti dei corpi misti, e le forze per le quali esse ma-

terie si uniscono; e per mezzo della sintesi comporre de'corpi nuovi, o ricomporre gli analizzati. Questo studio è attribuito alla *Chimica*: le cui applicazioni son dette *Chimiatria, Chimica farmaceutica*, ed in genere *Chimica tecnica*, divisa in *metallurgica*, *mineralogica*, *fisiologica*, *cromatica*, ed altre. – Alla *Fisica* ricevuta in senso più ristretto, è stata riserbata la considerazione dei corpi, in quanto si differenziano in solidi, liquidi, e vapori, e degli agenti fisici appellati luce, calorico, ed elettricità. Se non che la Fisica, anche presa in questo senso, vien divisa in due parti differenti; in una detta *Fisica sperimentale* si studiano i corpi colla scorta degli esperimenti; nell'altra chiamata *Fisica matematica* si studiano col sussidio del calcolo. Si sarebbe potuto attribuire a ciascuna di queste parti l'intero oggetto da studiarsi nell'uno o nell'altro modo; ma invece assai più opportunamente sono state divise le materie. Poichè tutti i fenomeni del moto e dell'equilibrio, che appartengono alla così detta *Meccanica*, sono oggetto quasi esclusivo di considerazioni quantitative; così essa, distinta nelle sue parti di *Statica* e *Dinamica*, *Idrostatica*, *Idrodinamica*, *Aerostatica*, *Aerodinamica*, è stata attribuita alla Fisica matematica. A questa pure è stata riportata l'*Astronomia fisica*, l'*Acustica* ossia il discorso sul suono, l'*Ottica* ossia le applicazioni delle matematiche ai fenomeni della luce, e la *Geografia matematica*, vale a dire il trattato delle latitudini e longitudini terrestri. Alla Fisica sperimentale poi, che da non molto tempo si è principiata a dir *Fisica* senz'altro, sono rimaste le indagini non chimiche, nè meccaniche sui corpi considerati nei loro tre diversi stati e sugli agenti fisici. Ma talora a questa Fisica presa nel senso più moderno si uniscono le principali leggi e spiegazioni chimiche, e le leggi fondamentali della Meccanica, ed allora le si dà nome di *Fisico–chimica*.

III. SINOSSI. 1ª La *Fisica* presa nel suo più proprió significato di Filosofia naturale, o di scienza del Mondo sensibile, abbraccia lo studio, I. degli astri, II. dei fatti che accadono in alto o nell'aria, III. dei più grandi fenomeni terrestri, IV. di tutti gli esseri che abitano, rivestono, o costituiscono il nostro globo. Il primo si chiama *Fisica celeste* o

Astronomia, il secondo *Metereologia*, *Fisica terrestre* il terzo, il quarto assume diversi nomi, secondo l'aspetto sotto cui il suo oggetto vien riguardato.

2ª Imperocchè I. se si riguardano i soli caratteri esterni degli esseri, che costituiscono, rivestono, od abitano il nostro globo; si fa la *Storia Naturale*, divisa in *Mineralogia*, *Botanica* e *Zoologia*. II. Se si studiano gli esseri organici nella loro conformazione, negli ufficii dei loro organi, e nei mezzi per curarli dai morbi ai quali soggiacciono; si à l'*Anatomia*, la *Fisiologia*, la *Medicina*. III. Se si ricercano le proprietà singolari dei semplici, e le leggi, secondo le quali questi si uniscono a dare i composti; si studia la scienza chiamata *Chimica*. IV. Se finalmente il medesimo oggetto si considera in quanto si differenzia in corpi solidi, in liquidi, in vaporosi, ed imponderabili o agenti fisici; allora propriamente si dice di studiare la *Fisica*.

3ª Ma questa stessa, presa in un senso così ristretto, vien divisa in più parti a seconda del mezzo, per cui si esamina il suo oggetto. Infatti la scienza, in cui si studia questo oggetto coll'aiuto della Geometria e dell'Algebra, si dice *Fisico-matematica*; quella poi che si occupa dell'oggetto medesimo, ma insistendo sugli esperimenti, si chiama *Fisica sperimentale*. E questa sola da non molto tempo si è principiata a dire *Fisica* senza più.

4ª Se non che questa Fisica non comprendendo tutto quello, che dee costituire una compiuta Instituzione elementare, capace cioè di fornire ad un giovane tutte le nozioni indispensabili per una persona colta; ne son nate diverse altre denominazioni, colle quali si è voluto rappresentare quell'arbitrario accozzamento di varie scienze distinte, d'onde si credea potesse risultare tale Instituzione. Nomineremo le principali. I. Si è appellata *Fisica generale* quella, che riunisce le parti più necessarie della Fisica celeste e della Meccanica. II. Si è imposto il nome di *Fisico-chimica* a quella, che abbraccia la Fisica sperimentale, le principali nozioni di Chimica e di Meccanica. III. Si è denominato *Fisica particolare* il trattato dei solidi, dei liquidi, dei vapori, e degli imponderabili; e talora anche quella scienza, che altri chiamano *Fi-*

sico-chimica; IV. Coll' appellazione di *Fisica e Metereologia*, si è voluta rappresentare l' unione della Fisica Sperimentale colla esposizione e spiegazione delle meteore.

2. Fine prossimo dello studio della Fisica. — Si la Fisica che la Cosmologia ànno per oggetto il Mondo; ma queste due scienze si differenziano fra di loro, per l' aspetto sotto il quale riguardano l'oggetto medesimo, o pel diverso fine che si propongono. Vediamo quale sia questo in Fisica.

I. SCOLIO. Il fine prossimo dello studio della Fisica fu esposto assai elegantemente da Newton, quando disse: « Omnis Philosophiae naturalis difficultas in eo versari videtur, ut ex phoenomenis motuum investigemus vires naturae, deinde ex his viribus explicemus phoenomena reliqua. » Vale a dire: lo scopo della Fisica è di prendrr notizia dei fenomeni più semplici; da questi salire alle leggi, o alle forze; e finalmente con tali forze spiegare tutti gli altri fenomeni più complicati. Ma ciò diverrà più chiaro col definire alcune voci.

II. DEFINIZIONI. 1ª Per *fenomeno* s' intende un' apparenza qualunque vana o reale, fuggevole o costante. In altri termini *fenomeno fisico* è un fatto comunque passeggiero, che si rivela ai nostri sensi. Veggo un'aurora boreale, un movimento nelle macchie solari; questo è un fenomeno fisico.

2ª Colla parola *legge* si vuole intendere un fatto costante ed universale. Col tanto vedere che i sassi cadono, se non sono sorretti o sostenuti, stabilisco che – *un corpo abbandonato a sè stesso cade* –; e questa è una legge. Parimenti mi accorgo che lo spostamento delle macchie solari si fa con tale costanza e regolarità, quale esige un *moto di rotazione nel Sole*; e questa pure è una legge. Sebbene a dir vero, la parola *legge* venga presa anche in un senso più ristretto, e si adoperi più spesso ad indicare una formola rappresentante la quantità nei fenomeni; per esempio: *il suono diminuisce in intensità col quadrato della distanza.*

3ª Ma ogni legge nel suo più ampio significato, poichè rappresenta qualche cosa di costante, manifesta eziandio un energia, una potenza; e questa si domanda *forza*.

4ª Talora per altro invece di parlar di forze, parliamo di *agenti fisici*. Imperocchè sebbene ogni essere materiale, dac-

chè è una sostanza ed una cagione, dee dirsi un agente fisico; tuttavia tale denominazione suole adoperarsi di preferenza in una circostanza speciale. Se si discorre dell'attività, che à una sostanza conosciuta a produrre un dato effetto, suol usarsi la espressione di *forza*; e però si dice — *la forza espansiva dell'aria, - la forza di affinità dell'ossigeno* - e via dicendo: se poi la cagione è supposta, ossia non ci è manifesta ai sensi, ma ne argomentiamo l'esistenza dagli effetti, allora suol parlarsi di *agente fisico*. Quindi l'elettricità, il calorico, la luce si dicono agenti fisici. Per la qual cosa la parola *forza* indica una potenza o attività di qualche corpo che noi vediamo, tocchiamo, pesiamo; *agente fisico* invece è una sostanza materiale, che certamente dev' essere unita ai corpi che noi sentiamo, e che sebbene li penetri ed invada, differisce ciò non ostante dalla loro materia.

5ª *Spiegare un fatto* è assegnarne la vera cagione, ossia determinare la forza che lo produce. Ne si spiegano i soli fatti individuali; ma siccome tutto in natura è concatenato, si spiegano anche i fatti costanti, ossia le leggi. Così si sale da una cagione ad un'altra più alta, e da questa ad un'altra ancora più generale; finchè non si giunga alle forze elementari che sono fatti primi, e però inesplicabili.

6ª A questo modo si viene a stabilire una *teoria*; poichè per *teoria* si intende un coordinato insieme di teoremi relativi ad una parte di scienza. Se non chè questa denominazione medesima si adopera anche allora, che la proposizione, a cui metton capo tutte le altre, è solamente probabile; sebbene in tal caso si usi più comunemente la parola *sistema*.

III. COROLLARIO. Ecco dunque qual è lo scopo prossimo della Fisica: prender notizia dei fenomeni corporei, scoprir le leggi della materia, assegnare le spiegazioni dei fatti naturali. Ne conseguita esservi una gran distanza fra la Fisica e la Cosmologia. Dacchè questa considera i corpi in se stessi come sono, indipendentemente dalle loro apparenze, e però li studia tutti insieme *per modum unius*, e ne indaga perfino la realtà; quando quella studia i fenomeni parte a parte nei varii esseri che costituiscono il mondo sensibile, poggia tutte le sue conclusioni sulle apparenze, e non si interessa di

ricercare se le cagioni di queste apparenze sieno veramente i corpi, o non piuttosto il nostro spirito, o Iddio medesimo.

3. Logica della Fisica. — Messo in chiaro il fine prossimo della Fisica, facilmente si prevede quali debbono essere gli ufficii del ragionamento in questa scienza: dacchè esso serve appunto al triplice scopo or ora determinato; cioè primieramente a dare il vero valore ai fatti, in secondo luogo a rintracciare le leggi, finalmente a spiegare i fenomeni. Ebbene, a seconda che il ragionamento viene adoperato a tale o tale altro di questi intendimenti, si debbono avere sott'occhio diverse avvertenze, le quali risguardano a preferenza le scienze naturali; e però costituiscono la Logica speciale della Fisica. Or su queste non sarà certamente un fuor di opera l'intrattenerci alquanto.

I. Primieramente non vi è bisogno di dire, che il ragionamento dev'esser condotto secondo le prescrizioni della Logica generale; ma è indispensabile ricordare una regola, la quale suol esser dimenticata più in Fisica, che in ogni altra scienza, e più forse nell'assegnare il dovuto valore ai fatti, che in qualunque altra parte. Ed è di non dare al ragionamento nè poco, nè troppo. Perchè se è vero che questo è necessario a fare la scienza, e però non si deve solo osservare senza ragionare; è anche vero che la scienza poggia su i fatti, e però non può esser lecito ragionar solamente senza osservare: altrimenti si dovrà inevitabilmente cadere o nell'empirismo o nel razionalismo.

1° Si cade nel razionalismo I. Col provare dal solo concetto l'esistenza delle cose, e le loro reali proprietà. Infatti se il concetto non senza ragione si ritiene insufficiente a dimostrar l'esistenza di Dio, la cui possibilità ed infinita perfezione racchiude l'esistenza reale; tanto più lo sarà nelle cose contingenti, la nonesistenza delle quali non ripugna affatto. Parimente non si potrebbero indovinare le proprietà reali, e veramente esistenti in un essere qualunque; ma invece conviene, o rinvenirle nel fatto, o dedurle da esso. II. Coll' invocare nozioni e principii astratti non ben determinati dalla osservazione dei particolari, e però inesatti e

fecondi di conseguenze assurde; come sarebbero – *la natura aborre il vuoto – l'aria tende verso la sfera del fuoco.*

2° Si cade poi nell' empirismo I. Per difetto di osservazioni. E ciò avviene, quando si generalizzano arbitrariamente fatti osservati solo parzialmente ed incompiutamente. Asserendo, a cagion d' esempio, che *gli elementi son quattro – i pianeti sono sorretti da orbi solidi*, e va dicendo. II. Per difetto di raziocinio. Nel qual difetto si incorre ogni volta che il ragionamento non si adopera in quella misura, che è necessaria per dare ai fatti il vero valore, o per rimontare da essi alle vere cagioni. Serva di esempio l'opinione del moto del Sole.

II. Ma oltre questa regola fondamentale, si debbono aver presenti alla mente alcuni canoni speciali per la invenzione delle leggi.

1° Il ragionamento (chi non lo sa?) suppone sempre alcuni principii astratti. Per altro nella invenzione delle leggi i punti di partenza sono principalmente i fenomeni particolari, e fra questi i più semplici e manifesti; ed ove la ricerca versi su leggi più generali, lo sono anche i fatti costanti, o le leggi, ma men generali ed incontrovertibili. Possono tuttavia esserlo anche i *postulati*, ed i *lemmi* tratti sia dalla Fisica medesima, sia da altre scienze ancora.

2° Poichè si tratta di salire dai particolari all'universale, ed il più delle volte, l'enumerazione dei particolari non potendo esser completa, conviene anche dedurre un particolare da altri particolari; così il ragionamento per la invenzione delle leggi procede per *induzione* aiutata dall' *analogia*, e volendo pur dargli una forma, convien ricorrere all'*entimema*.

3° L'analogia poggia sopra il gran principio cosmologico, che *le forze regolatrici dei fenomeni mondani sono sempre costanti ed ordinate*. Principio che emerge spontaneo anche da una prima e generale ispezione dei fatti della Natura, e che in metafisica vien dimostrato coll' *argomento*, così detto, *fisico* dell' esistenza di Dio. E invero non vi à chi non conosca la costanza delle leggi fisiche, sulla quale sono fondate tutte le arti, e tutte le deliberazioni intorno al futuro; nè potrebbe rinvenirsi fra le persone adulte chi mancasse del conoscimento

almeno implicito dell'ordine, sia simmetrico, sia finale, che regna in tutta la Natura.

4° Dal qual principio si deducono molti corollarii, fra i quali i seguenti sono di un uso assai frequente in Fisica. I. *Gli effetti della stessa specie si debbono attribuire alla cagione medesima*. II. Viceversa: *Una data cagione nelle medesime condizioni produce sempre in sostanza gli effetti stessi*. III. *Un fatto od un fenomeno, che appartiene ad una certa classe, gode di tutte le proprietà comuni alla classe medesima*. E in altri termini: *Le proprietà ritrovate in ognuno dei corpi di un dato genere, nei quali si poterono istituire osservazioni od esperienze, debbono riguardarsi come proprietà di tutti i corpi appartenenti a quel medesimo genere*. IV. *La Natura non fa nulla indarno*. Cioè: *La Natura non adopera mezzi maggiori o in numero o in valore di quello, che sia strettamente necessario ad ottenere il fine*.

5° Si esige spesso un numero grande di rassomiglianze per collocare un certo fenomeno in una data classe, ed attribuirgli quindi per analogia qualche altra rassembranza; ma questo numero non potrebbe precisarsi in antecedenza: chè questa è faccenda di discrezione e di prudenza.

6° Nel ricercare le analogie, bisogna evitare due estremi. I. Non aver troppo a calcolo le differenze. II. Non fermarsi troppo presto alle simiglianze. Chè nel primo caso, pel soverchio attendere alle circostanze accessorie, variabili ed individuali, non si coglie mai la legge, cioè la costanza, ed universalità; nel secondo si corre pericolo di contentarsi di ombre di rassomiglianze, e cadere in false analogie.

7° Le leggi stabilite per induzione, aiutata dall'analogia, non danno una sola acquiescenza pratica, ma una vera certezza scientifica, sebbene non apodittica. Dissi *certezza vera*, perchè ne abbiamo una persuasione, che esclude ogni ragionevole sospetto di errore; *scientifica*, perchè ne conosciamo il vero fondamento intrinseco: *non apodittica*, perchè l'opposto metafisicamente non ripugna, ma è una assurdità fisica, vale a dire una stranezza, che non può ammettersi da uom di senno.

III. Ove poi il ragionamento venga adoperato per la spiegazione dei fenomeni, sono da osservarsi le seguenti prescrizioni.

1ª I punti di partenza sono comunemente le leggi, e le nozioni acquistate per mezzo dell' osservazione dei particolari: dacchè i principii proprii della Fisica sono teoremi generali, stabiliti per mezzo della ispezione metodica de' casi speciali.

2ª Il ragionamento, nell' inferire che si fa un fatto da una legge, od anche una legge da un'altra più generale, procede per *deduzione*; e ad esporlo in forma, si ricorre comunemente al *sillogismo*.

3ª Ma spesso si adopera la *istanza della croce*; ossia un sillogismo disgiuntivo perfetto affermativo, col quale si stabilisce la verità di una spiegazione sulla rovina di tutte le altre possibili.

4ª Talora non riesce di dare la spiegazione dei fatti, col mostrare la connessione loro con cagioni e leggi già dimostrate; ma convien ricorrere ad *ipotesi*. Le quali si fanno in due modi; cioè o col riportare *per congettura* certi effetti ad *una fra le cagioni conosciute*, o coll'imaginare *una cagione nuova*, come produttrice di quei fenomeni.

5ª Nell' uno e nell' altro caso può essere che si riesca a far trapasso dalla probabilità alla certezza: ma su tal punto conviene andare assai guardinghi e canti; poichè, come diceva Newton, il convertire troppo leggermente le ipotesi in tesi è il veleno della ragione, e la peste della Filosofia. Si ottemperi quindi con tutta esattezza alle seguenti leggi.

6ª Nella prima maniera di ipotesi si compie la spiegazione col solo dimostrare, che la cagione, già nota e vera, *è sufficiente* a produrre gli effetti in discorso; secondo il primo corollario del principio di analogia.

7ª Nella seconda maniera di ipotesi è necessario provare che la cagione, la quale è stata ideata per la spiegazione di cui si tratta, è *semplice*, e ad un tempo *acconcia* a dar ragione di un numero grande di fatti complicati; secondo il quarto corollario del principio medesimo di analogia.

8ª Quale sia il numero dei fatti e quale la complicazione, di cui tratta la precedente regola, non può stabilirsi in antecedenza; anche questa è faccenda di sagacia e di tatto scientifico. Per altro è canone generale, che il computo non

sia chiuso dai soli fatti, che ànno dato occasione ad imaginare la ipotesi.

9ª Si può anche supporre un certo modo di agire nella cagione già conosciuta, e dedurne dei corollarii del tutto nenessarii. Se questi si verificano in fatto, quel modo di agire resta dimostrato. Si intende quindi che la proposizione condizionale, di cui si vuol dimostrare la *condizione*, sia convertibile; altrimenti non sarebbe permesso asserire nella minore il *condizionato*.

10ª Del resto non è mai lecito ricorrere I. a parole vuote di senso, come sarebbero *le cause occulte e il succhiamento;* II. ad espressioni, che replichino sotto altri termini il fenomeno da spiegarsi, com'era ad interpretarlo benignamente *l'orrore della natura pel vuoto*; III. a spiegazioni superstiziose, attribuendo fenomeni costanti ad un cattivo o buon genio; IV. finalmente a Dio; perchè si sa già che, Domeneddio è in ultima analisi l'Autore ed il Conservatore di tutto; ma il fisico cerca di quali *cause seconde* si serva la *Cagione delle cagioni* per ottenere gli effetti, che esso si accinge a spiegare.

11ª *A fortiori* non conviene invocare ipòtesi o metafisicamente, o fisicamente assurde. La *transustanziazione* per esempio è assurda metafisicamente, quando importi il riconoscere nelle forze naturali la potenza di annientare una sostanza e di crearne in sostituzione un'altra; se poi ad evitar questo assurdo si ammette, che è Iddio medesimo il quale annichila ne'crogiuoli le sostanze che il chimico vi colloca, e crea quelle che questo intende ottenere, allora la spiegazione, oltre che pecca di ignoranza d'elenco (come si è accennato or ora), è anche assurda fisicamente: perchè non vi à esempio in natura di alcun deperimento, ma solo di trasformazioni.

12ª Se non che può talvolta avvenire, che le spiegazioni restino solamente probabili. In questo caso si avverta primieramente, che in grazia di un'ipotesi probabile non si possono negare le proposizioni, che furono raccolte dai fenomeni per induzione. Queste proposizioni debbon ritenersi per vere o esattamente o approssimativamente, finchè non si venga in cognizione di altri fenomeni, per i quali esse sien rese anche più esatte, oppure ne'sieno svelate delle eccezioni.

13ª In secondo luogo le ipotesi, in ogni caso, ma in ispecie se sien probabili, non precedano, ma vengano esposte, se si può, dopo le osservazioni ed esperienze; e ciò per evitare il pericolo di cadere in preoccupazioni e pregiudizii: difficilmente apprezza le obiezioni chi si è già invaghito di un'idea.

* 14ª Infine sebbene le spiegazioni probabili non costituiscano la scienza, la quale non si à che nella certezza; ciò non ostante non sono da disprezzare. I. Perchè possono somministrar materia per un' istanza di croce, e preparare così la spiegazione certa. II. Perchè servono ad accelerare il progresso della scienza, dando occasione ad immaginare altre ipotesi, qualcuna delle quali potrà, quando che sia, esser convertita in tesi. III. Perchè giovano talora a collegare certi fatti, che sono molto intrigati e in apparenza assai difformi e discordanti, sotto un sol punto di vista che ne faciliti lo studio. IV. Perchè insegnano a discorrere anche in altre facoltà più difficili, quando in esse vien meno, come accade di frequente, la face della certezza. V. Perchè abituano a non disprezzare le probabilità, e valgono a toglierci la illusione e la pretensione di voler tutto spiegare con sicurezza. Spesso le cagioni sono troppo nascoste e i fenomeni troppo remoti da esse per rivelarcele; e però molte questioni resteranno sempre problematiche: serva di esempio la forza vitale. In tutti i casi di tal fatta restano sempre veri i fatti, e la loro cognizione può essere assai utile, quantunque se ne ignori la spiegazione. VI. Perchè ci rendono umili e ci insegnano a non pavoneggiarci tanto delle nostre scarse cognizioni, ma a riconoscere invece la nostra inferiorità e bassezza al cospetto dell'Autore della Natura; il quale à saputo e potuto ideare e creare, con un sol *fiat*, ciò che sebbene ci s'ia sotto degli occhi, pur nondimeno dopo tanti secoli di studio noi non arriviamo ancora ad intendere.

4. Strumenti del ragionamento fisico. — Il ragionamento in Fisica è coadiuvato da tre mezzi, cioè dall'osservazione, dagli esperimenti, e dalle matematiche. Assai monta ben definire questi strumenti, farne apprezzare la rilevanza, ed annunciare i canoni del loro uso.

I. DEFINIZIONI. — 1ª In Fisica si fa differenza fra osservazio-

ne ed esperienza. L'ispezione attenta dei fenomeni naturali, come avvengono da sè, si chiama *osservazione*.

2ª Si dice poi *esperienza* l'accurato riguardo dei fenomeni colla nostr'arte o occasionati, o comunque alterati. La differenza fra *esperienza* ed *osservazione* non è costituita, come altri asserì, dall'adoperarsi o no gli attrezzi, e le macchine, perchè di queste si giovano del pari ambedue; ma dall'essere o non essere i fenomeni provocati dall'arte.

3ª Per *Matematica*, come sa certamente ogni scolaro di Fisica, si intende la scienza delle quantità astratte sia discrete, sia continue, e l'arte su di essa fondata.

II. SCOLII. 1° È cosa assai manifesta che lo studio della Fisica dev'esser basato sulle osservazioni. Infatti in Fisica si ricerca non come il Mondo potea o dovea esser fatto, ma come sia realmente in sè medesimo; e a questo scopo è necessario, come dicemmo, salire dai fatti più semplici alla invenzione delle leggi. Bisogna quindi principiare dall'acquistare una notizia esatta di questi fatti; e però l'osservazione non solo è indispensabile in Fisica, ma ne è il fondamento.

2° Quanto poi agli esperimenti, per ammetterne la necessità, basta riflettere che alcuni modi di agire della materia sono ordinariamente nascosti, e per sè medesimi tanto occulti e reconditi, che non possono mettersi all'aperto, se non collo scomporre od alterare i corpi; e costringer così la Natura ad operare sotto i nostri occhi, e lasciarsi sorprendere, direi quasi, in *flagranti*.

3° In fine il Mondo materiale è quantità, o discreta, o (secondo tutte le apparenze) continua: viene quindi opportunissima la Matematica nella scienza del Mondo materiale. Perchè non possono non verificarsi nei corpi quelle proprietà della quantità, che furono ritrovate in Geometria ed Algebra. Anzi la principale utilità delle matematiche, sta appunto nell'essere esse uno strumento, ed una preparazione per le scienze fisiche.

III. CANONI. Questi distribuiremo in tre gruppi.

1° Principiamo dalle norme, che son da seguire nell'uso dell'osservazione. 1. Accingersi alla ispezione dei fatti con piena indifferenza, e senza veruna preoccupazione; per non sosti-

tuire alla verità delle cose le nostre idee, o le nostre teorie. « Facile est, disse Galvani (*De Viribus Electricitatis in motu animalium P. III.*) facile est in experiundo decipi, et quod videre et invenire optamus, et vidisse et invenisse arbitrari. » II. Possedere organi sensorii sani, ed apparati ben costruiti ed in buono stato; per non prendere abbagli. III. Attendere sull' oggetto pazientemente e per metodo; affinchè le teorie non sieno basate sopra osservazioni monche, o fatte alla sfuggita, e perciò per lo meno inesatte. IV. Replicare e moltiplicare le osservazioni; per non scambiare il passeggiero col costante, o l'accessorio col principale. V. Guidare e fecondare le osservazioni coi principii astratti e coi criterii logici; per dare il vero valore ai fatti, ed eliminare le assurdità. VI. Tenere un certo giusto mezzo; affine di non limitarsi troppo grettamente alle osservazioni, o affidarsi troppo astrattamente alla speculazione. VII. Nel ricorrere alle altrui osservazioni, (il che è inevitabile quando non ci è dato replicarle, sia perchè non possono essere che locali, o assai diuturne, sia perchè esigono mezzi che non sono a nostra disposizione), non perdere mai di vista i canoni logico-critici, e verificare se vi sia il consenso di più persone competenti.

2° Veniamo agli esperimenti. I. Negli esperimenti sono da mettere in esecuzione tutte le regole or ora esposte: dacchè essi non sono in fondo, che una certa classe di osservazioni. II. Gli esperimenti positivi sono da preferire ai negativi, cioè ai non riusciti. III. Tener conto delle varietà estrinseche, venti, stagioni, caldo, freddo, umido, asciutto . . . . . ; affinchè non si ascriva alla causa principale ciò, che proviene da qualche perturbazione: e in ogni modo replicare le esperienze in condizioni opposte. IV. Rendersi un esatto conto di quanto vi è di artificioso nell'esperimento; per non correr rischio di confonder l'arte colla natura. V. Quando colle esperienze si vogliano apprezzare delle qualità, e se ne abbiano risultati diversi, prendere la media aritmetica fra tutti: in una serie di numeri poi assumere i più regolari. Regola legittimata dal principio di analogia.

3° Finalmente quanto alla Geometria e calcolo, tralascio di ricordare, che non si debbono preterire le regole della Ma-

tematica, ed avverto. I. Il calcolo e la Geometria vengono opportune per stimare la quantità, non mai per decidere sulla qualità dei fenomeni. II. Non possono applicarsi che ai fatti più semplici: male si invocherebbero per spiegare la vegetazione, o per la cura delle malattie. III. Si tenga sempre a mente nello sviluppo dei ragionamenti matematici, se il punto di partenza fu un fatto o una pura ipotesi. IV. Non si perda di vista, che nell'applicare la Matematica, conviene spogliare i fenomeni di molte loro qualità, e ridurli ad una espressione molto semplice, e in un certo senso astratta V. Da ultimo la Matematica, essendo un mezzo e non un fine, dev' essere adoperata colla più grande parsimonia.

* **5. Oggetto, parti, e scopo dell' Opera.** — Dappoichè la parola *Fisica* nei diversi tempi è stata presa in significati cotanto differenti, come dicemmo, è qui ginocoforza predire il senso che essa avrà in questi Elementi. Inoltre è pregio dell'opera annunciare in quante e quali parti questi verranno distribuiti, e con quali intendimenti sieno stati scritti.

I. Ebbene; la Fisica che qui esporremo sarà quella racchiusa nel significato meno moderno, ma più proprio della parola, sarà cioè *la scienza del Mondo materiale*: ed affinchè non si prenda equivoco, la distingueremo coll'epiteto di *Universale*. Di questa per altro non dovremo già stendere un compiuto Trattato, ma i soli *Elementi*. Ora negli elementi di una scienza, non può aver luogo che la parte rudimentale e fondamentale ad un tempo di essa. E però non dovremo qui trattare di quelle parti, le quali non sono altro che il pieno sviluppo di un particolare oggetto, o non servono che a dar fondamento e ragione ai precetti di una o poche arti speciali. Dev' esser pertanto eliminato da questi Elementi ogni discorso di Medicina, di Farmacologia, di Chimica tecnica, di Nautica, di Musica, di Astronomia fisica, e simili; come pure tutte le investigazioni trascendenti ed accademiche, sui punti più difficili e controversi della scienza.

II. Senonchè eliminato anche tutto questo, ci rimarrà ciò non ostante un largo campo a coltivare, ed avremo ad occuparci di molte cose. E poichè alcune di queste cose, come sarebbero: il cielo coi suoi astri e coi suoi movimenti, i fe-

nomeni meteorici e terrestri nelle loro apparenze e condizioni, i caratteri esterni dei terreni e degli esseri viventi, sono oggetto di pura *osservazione*; poichè le proprietà e forze dei corpi nei varii loro stati e nelle loro mutue combinazioni, e i diversi modi di operare degli agenti fisici, sono qualche cosa di più intimo e nascosto, e quindi oggetto più assai di *esperienza*, che di semplice osservazione; poichè finalmente tanto in quelle prime che in queste ultime, le nozioni matematiche, se pur vi debbono aver luogo, sono per altro sempre mai le più semplici e le più volgari, ma invece le ricerche sull'equilibrio e sul moto dei corpi terrestri e celesti, e sui fatti del suono e simili, sono inevitabilmente e precipuamente *matematiche*; viene spontanea la distribuzione di una Instituzione, la quale con verità possa dirsi di Fisica Universale, in tre Parti principalissime, distinte dal diverso strumento, il cui uso vi predomina. E in tre Parti appunto verranno distribuiti questi Elementi. La Prima Parte sarà la Fisica osservativa, cui da φύσις (natura) e σκοπεῖν (osservare) potremo chiamare *Fisioscopìa*; e vi si tratterà di quanto abbiamo sopra assegnato all' osservaizone; vale a dire di ciò che riguarda i fenomeni più manifesti e solenni. La seconda sarà la Fisica sperimentale; ma questa abbraccerà anche un trattatello di Chimica, e la spiegazione delle meteore, e ne saranno esclusi i teoremi di Meccanica: insomma non sarà quella che corre sotto il nome di Fisica sperimentale, nè propriamente la Fisico-chimica. E però da φύσις e πειρᾶν (esperimentare) o ἐμπειρία (sperienza), sciogliendo il dittongo per evitare ogni equivoco colle parole derivate da πῦρ (fuoco), la denomineremo *Fisiopeirìa*. La quale dee venire appresso alla Fisioscopìa: perchè con artificioso magistero si interna ai fatti meno palesi, ed alterando o modificando più o meno profondamente i corpi, indaga le cause e le forze della natura, ed il loro modo di agire. Finalmente seguendo il precetto di Bacone, che la Matematica « philosophiam naturalem terminare, non generare aut procreare debet » (*Novum organum* L. I. XCVI), la Fisica matematica, ossia l'esposizione delle dottrine, che domandano il calcolo ed in più larga dose la Geometria, costituirà la Terza ed ultima Parte di questo Corso elementare.

Cui imporremo il nome di *Fisiometria*, componendo con φύσις e μετρεῖν (misurare), un vocabolo più analogo a quelli adottati per le altre due Parti.

III. Ora adunque, a chiudere pur finalmente, questi Prolegomeni, non resta che annunciare lo scopo ultimo, e generale dello studio delle scienze naturali. Questo, chi bene e senza pregiudizii vi consideri, non può essere che quello medesimo che à avuto Iddio nel creare tante, e così sorprendenti meraviglie del Mondo materiale. Il qual fine (e chi vi à oramai fra noi che lo ignori?) è stato manifestarci la gloria sua, ed incitarci potentemente a compir la missione che ci fu assegnata, e a conseguire la felicità, a cui incessantemente aneliamo. Al quale intendimento quanto non è mai efficace la contemplazione del Mondo sensibile! È da questa, che posson trarsi mille e mille argomenti potentissimi della grandezza di Dio, della Sua Potenza, della Sua Sapienza, e della Sua Bontà! È da questa, che emerge anche spontaneo un poderosissimo stimolo a temere un Dio sì potente, a venerare un Dio sì sapiente, ad amare un Dio sì benefico! È da questa eziandio che un cuor retto ed uno spirito nobile si sente, quasi involontariamente, sollevato ad arguire dalla bellezza del creato la preziosità della gloria che lo attende, e a disprezzare qualsivoglia difficoltà, affine di conseguirla per quel mezzo, che è il solo dègno di Dio e di noi, cioè coll'esercizio indefesso e pronto della virtù. È però che ogni Articolo verrà chiuso con un invito a sollevar l'animo al Creatore dell'Universo, seguendo in ciò anche l'ammonizione, che ne fa il nostro Tasso nella Terza delle sette giornate, dove dice:

« Dovunque giri
« Gli occhi e 'l pensier nell'opere create
« Ti sovvenga di Lui, che fece 'l tutto.

FISICA UNIVERSALE.

PARTE PRIMA

FISIOSCOPIA.

INTRODUZIONE.

6. Oggetto e divisione di questa Parte. — È impossibile, fermarsi un po' di proposito nella contemplazione dell'Universo, senza sentirsi agitati da un irresistibile desiderio di conoscere il legame, che unisce fra loro i sorprendenti fenomeni della Natura, di assegnare a ciascun fatto naturale la propria cagione, e di penetrare le recondite facoltà o potenze, onde gli agenti corporei ottengono effetti cotanto svariati e maravigliosi; di possedere in una parola la scienza del Mondo materiale. Il qual desiderio cresce a mille doppii, ove si avverta (e l'avvertirlo è facilissimo), che ogni parte di questa scienza ci è sempre opportuna, e spesso ancora indispensabile, affinchè possiam trarre dagli oggetti corporei e dalle forze materiali taluno di quegli aiuti e vantaggi, dai quali dipende la nostra sussistenza, la nostra agiatezza, la nostra felicità. Ma lo scoprimento delle cagioni, in che la scienza consiste, è cosa ardua e sublime! Come dunque potrem poggiare a sì alto fastigio, senza farci scala e sostegno dei varii strumenti (**4.**) della scienza, per salire gradatamente dalle cognizioni più ovvie e meno alte, ottenibili cioè per semplice osservazione (**4.** I. 1ª), alle men facili ricerche sperimentali (**4.** I. 2ª), e finalmente alle più sublimi ed esatte teorie emergenti dal calcolo (**4.** I. 3ª) matematico? A questa Prima Parte pertanto, come è naturale, e come è stato accennato (**5.** II.) dovrà assegnarsi lo studio di tutte quelle cose, delle quali colla sola osservazione possiamo ottenere scientifica certezza.

Or queste sono *primamente* gli astri colle loro varietà, movimenti, ed influssi sulle stagioni e sui climi, e quelle apparenze celestiali, donde la predizione di certe future cose; *in secondo luogo* i fenomeni atmosferici e terrestri, e i fatti straordinarii, che avvengono alla superficie del nostro globo, i quali or ci atterriscono ed or ci dilettano, ora ci giovano ed or ci nocciono, ora ci affannano ed or ci consolano; *terzamente* la costituzione della Terra, e la disposizione delle varie parti, onde la crosta terrestre è formata, e gli esseri che appartengono ai tre regni della Natura. Per la qual cosa questa Prima Parte, che essendo nuova almeno per la scelta delle materie e pel metodo, abbiam chiamato con nuova appellazione *Fisioscopia*, cioè *Fisica osservatica*, verrà naturalmente distribuita in tre Sezioni; la prima delle quali consisterà nella Fisica celeste, la seconda nella Fisica terrestre, la terza comprenderà la Geologia, e un rapido cenno di Storia Naturale.

SEZIONE PRIMA.

FISICA CELESTE.

PROEMIO

9. Partizione della presente Sezione. — La scienza è un continuo disinganno. Chè la massima parte delle verità alle quali essa, in ogni suo vero progresso, pur finalmente perviene, non sono già solo alquanto dissimiglianti, ma aliene affatto da quelle prime apparenze, che sole colpiscono i più, e che sono, o certamente furono innanzi che la luce della scienza riverberasse sulle moltitudini, communemente ritenute per altrettante realtà. Il che se è vero di ogni scienza, lo è non meno, e forse più ancora, nella scienza degli astri. Finchè si consultano i soli fatti, finchè si resta alle rivelazioni dei sensi, si è pur costretti a dire che la Terra sta ferma nel bel mezzo dell'Universo; che tutti i corpi celesti si trovan disposti sopra la superficie di una vera sfera geometrica; e che il Sole, i pianeti, e tutte le stelle si ravvolgono giornalmente da levante a ponente. E bene, in tutto questo non vi è ombra di vero; come certamente avrà almeno inteso a dire ogni principiante, anche prima di presentarsi allo studio della Fisica. Ma allora, dirà taluno, sarebbe prudenza e saggezza filosofica, astenersi dallo studiare i fenomeni, e sarebbe invece assai meglio slanciarsi direttamente alla ricerca della verità. E pure no. È al contrario pregio dell' opera prender le mosse dalle apparenze; per acquistare di esse una cognizione tanto esatta e piena, quanto basta a cribrarle con una sana critica, e sterparne tutto ciò che offrono di falso e di illusorio. È per questa via che è dato alla nostra insufficienza salire, con piè fermo, e senza pericolo di lasciarsi stornare dai pregiudizii, salire, dico, alle vere cagioni delle cose.

Per lo che la presente Sezione verrà divisa in due Capi. Nel primo si esporranno e discenteranno i fenomeni, per de-

purarli da tutte quelle incoerenze e falsità, delle quali una cognizione o superficiale o non guidata da criterii logici, li à in altri tempi imbrattati. Nel secondo si ricercherà se le cose sieno in sè medesime tali, quali ci vengono veramente esibite. Ma ninno dimentichi nella lettura del Primo Capitolo, che in esso non si tratta se non se di scevrare le apparenze vere dalle apparenze false. Dico questo, affinchè non avvenga che qualcuno trovi difficoltà ad ammettere le tesi del primo Capitolo, perchè sa o sospetta fondatamente, che poi le cose in realtà sieno diverse. A cagion d'esempio accade sovente, che qualcuno non sappia intendere la dimostrazione evidentissima del moto proprio del Sole; perchè è anticipatamente convinto che il Sole stia fermo. Ma se si riflettesse che è vero il moto *apparente* del Sole, ed è vera anche la sua quiete *reale*; e che da prima si parla unicamente di quello, e poscia si passa a dimostrar questa; ogni difficoltà sparirebbe all'istante.

* **10. Realtà ed apparenze fisiche.** — Alcuni poi non veggono, come si possa in Fisica parlare della verità reale, e distinguere le apparenze vere dalle false; mentre, secondo ciò che abbiamo accennato nei Prolegomeni (**2.** III.), i Fisici non si interessano che della rappresentazione dei corpi; nè vanno a cercare, se in questi la estensione per esempio, o il moto, vi sieno in realtà, o solo apparentemente. Il che è verissimo. Ma si noti che nella realtà stessa relativa ed empirica dei corpi, si ritrovano delle cose costanti ed uniformi, e delle passeggiere e fuggevoli; quelle sono reali, non assolutamente, si intende, ma solo relativamente; queste sono anche relativamente illusorie. Ma non basta. Quando il Fisico à ritrovato che un fenomeno non è un sogno, o un giuoco della sua imaginazione, va anche più oltre, e cerca se quella cosa, che in tal fenomeno vero apparisce esser cagione di un'altra, sia veramente tale. Mi spiego meglio. La Luna ci si mostra con tale costanza, che non può dubitarsi dal Fisico della sua realtà. Ma dessa apparisce più grande verso l'orizzonte, che quando si trova al meridiano; e di più sembra inseguire in ogni sua direzione il passeggiere, che la riguarda. Or, poichè questi fenomeni sono relativi al tale o tale altro osservatore, son da dirsi illusioni. Non così il moto diurno della Luna da oriente

in occidente, il quale si manifesta costantemente a tutti ed è quindi un'apparenza vera. Ma anche su questa si fa questione. Si domanda cioè, se tale apparenza provenga da un traslocarsi della Luna medesima su per lo zodiaco, o da una rotazione della Terra: o in altri termini, si può ricercare se essa sia assoluta, o invece relativa agli abitanti del globo terracqueo, cioè a noi. E poichè si può dimostrare la verità di quest'ultima asserzione, il moto diurno della Luna è bensì un'apparenza vera, ma non una realtà. È una realtà invece la rotazione della Terra. Ecco, che cosa s' intende in Fisica per apparenza e per realtà. Ecco, che cosa significa in questa scienza, la distinzione fra le apparenze fallaci, e le apparenze vere.

CAPO PRIMO.

FABBRICA APPARENTE DELL'UNIVERSO.

* **11. Divisione del presente Capitolo.** — Il discorso degli astri, e dei movimenti loro, affinchè sia rigorosamente analitico, e passi con chiarezza dal noto all'ignoto, deve esordire dall'aspetto che offre di sè tutto l'Universo, dalla determinazione della figura apparente del Cielo e della Terra, e dalla descrizione del movimento che si osserva nella sfera stellata. Quindi conviene che si rivolga in particolare al Sole, ed alle stagioni, connesse evidentemente colle varie posizioni di quello nel firmamento. Poscia è necessario che tratti pure in particolare anche della Luna, e descriva le fasi e gli ecclissi. Dopo ciò deve passare ad esporre le singolarità più rilevanti, che si manifestano in tutti gli altri Pianeti. E finalmente si à a chiudere colla classificazione degli astri che adornano il Cielo, e coll'esposizione dei fenomeni più grandiosi, che offrono alcuni fra loro non istudiati antecedentemente. E queste cinque cose costituiranno appunto i temi di cinque separati Articoli.

ARTICOLO I.

ASPETTO DELL'UNIVERSO.

* **12. Opinioni sulla forma del Mondo.** — I. La prima cosa che, fino dalla più remota antichità, abbia richiamata a sè l'attenzione dei dotti è stato l'aspetto dell'Universo, detto dai Latini *Mundus* e dai Greci Κόσμος. Esso ci si offre sotto l'apparenza di una vastissima volta azzurra, poggiata sopra un gran piano formato dalla Terra, traversata dal Sole e dalla Luna, e tutta cospersa di splendentissimi astri. E appunto tale fu stimato, da prima, essere in sè medesimo l'Universo. Dalle Sacre Carte apparisce, che gli antichi si figuravano il Mondo come un vasto tempio, avente per sua cupola il Cielo, e per pavimento la Terra. Non altrimenti imaginaronlo i poeti. E veramente, stando ad una prima osservazione, si è trascinati a

pensare che la Terra sia « una superficie piana, e indefinitamente estesa in tutte le direzioni; al di sopra della quale si trovino l'aria e il cielo, e al di sotto delle materie solide fino ad illimitata profondità [1] » Anzi « i Greci, siccome da ogni parte della Terra si incontrano i mari, ànno dapprima creduto che essa stessa fosse circonvallata da un abisso di acque, nelle quali si tuffasse la sera il Sole, e donde si traesse fuori il mattino. E poichè all'apparir di quest'astro, vedesi per tutto l'alto dei cieli infievolirsi e mancar la luce delle stelle, fu imaginato che esse fossero altrettante lampade, le quali venissero accese ogni sera e provviste di materia combustibile sufficiente a farle ardere tutta la notte [2] » Ma a questa idea convien rinunciare, ove per poco si rivolga l'attenzione all'alternarsi del giorno e della notte ed al movimento degli astri; e presto si conosce che la Terra dev'essere isolata nello spazio, e il Cielo deve estendersi anche al di sotto di essa.

II. Ma allora di qual forma è la Terra? Su questo punto nelle diverse scuole sono state professate opinioni diverse. Chi à creduto che la Terra sia piana, chi le à attribuito la forma di un cilindro, chi di un piatto o di un timpano, e chi finalmente sostenne essere essa una sfera; e sembra certo che questa sfericità sia stata ammessa la prima volta nella scuola italica, e forse da Pitagora stesso suo fondatore.

III. Da quella in poi l'Universo principiò ad essere considerato come un'immensa sfera, nel mezzo della quale restasse liberamente, e senza verun sostegno, sospesa la Terra in forma di un globo.

13. Orizzonte, suoi poli, e punti cardinali. — Prima di risolvere la proposta questione sulla forma della Terra, rileva parlare dell'orizzonte, e di certi punti che vi si riferiscono.

I. DEFINIZIONI. 1ª Quella curva, in cui sembra terminare tutto intorno l'apparente piano della Terra, e che costituisce il limite fra la porzione di cielo visibile, e la invisibile, da ὁρίζειν che significa *terminare*, è detta *orizzonte*, ossia terminante.

1 Herschel. Trattato di Astronomia. Capo I. (18)
2 Cagnoli. Notizie astronomiche. 30.

2° Stando in alto mare, questo (specialmente se sia tranquillo) sembra un vero piano. Ora i mari costituiscono tre quarte parti circa della superficie terrestre; e i continenti stessi, ove prescindasi dalle montagne, di poco si sollevano sul piano dei mari, dai quali sono bagnati. Questo piano, di acqua o anche di terra, terminato tutto intorno dall'orizzonte, dicesi *piano dell'orizzonte*.

3° Ogni piano parallelo al piano dell'orizzonte, è chiamato *piano orizzontale*.

4° Una retta perpendicolare al piano dell' orizzonte, ossia alla superficie del mare tranquillo, si chiama *verticale*. Vedremo in altro luogo, che tale perpendicolare può con tutta esattezza determinarsi col *filo a piombo* (fig. 1.); à cioè la direzione medesima che prende da sè un filo flessibile, a cui sia appesa una massa pesante.

Fig. 1.

* II. scolio. A preparazione della dimostrazione che segue, è necessario descrivere uno strumento, che si chiama *quadrante astronomico* (fig. 2). È composto di un canocchiale (OB), di un quadrante (QR), e di un filo a piombo (ZP). Il canocchiale è girevole in due sensi. Nel senso verticale: perchè è fisso ad un perno orizzontale (C), che nella figura è perpendicolare al piano della carta; e così il suo estremo più largo (B), che si chiama *oggettivo*, può sollevarsi o abbassarsi, cioè o allontanarsi dal piombo (P), o avvicinarsi ad esso. È poi volubile nel senso orizzontale: perchè l'asta verticale (CN), a cui per mezzo del perno orizzontale esso è raccomandato, trapassa tutta la colonna (HK) pur verticale del piede, e può girarvi dentro liberamente; cosicchè l'oggettivo (B) può esser rivolto a piacere quando ad una, quando ad altra parte dell'orizzonte senza muovere il piede. Il quadrante è un arco di ottone (QR) annesso al canocchiale, e graduato da 0° fino a 90°; il quale passa davanti all'asta girevole, che porta il sopraddetto perno. Il filo a piombo (ZP) o è fissato all'estre-

mo (C) dell'asse del perno medesimo, ove appunto si trova il centro del quadrante (QR), o almeno vi passa esattamente incontro. Lo zero poi della graduazione si trova in un punto tale (Q), che congiunto coll'asse del perno, ossia col centro (C) del quadrante, dà una linea di congiunzione parallela esattamente all'asse (OB) del canocchiale. Stando così le cose è manifesto, che il filo a piombo (CP) passerà dinanzi a quel grado del quadrante, che misura l'angolo (PCQ) formato dalla

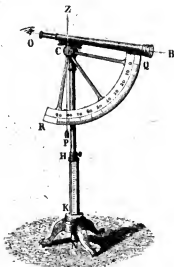



Fig. 2.

verticale con quel raggio dello stesso quadrante, il quale passa per lo zero; e misura perciò anche il suo uguale, che è formato dalla verticale medesima coll'asse del canocchiale, cui abbiamo supposto parallelo al detto raggio.

* III. TEOREMA. *Secondo tutte le apparenze, l'orizzonte è un circolo perfetto; e noi ne siamo al centro.*

Dimostrazione. Il quadrante or ora descritto, o se vuolsi, il così detto *settore di depressione*, che è non molto dissomigliante da esso, si rechi in alto mare, o sul monte Etna, o sul

picco di Teneriffa (fig. 3), o sopra una piramide di Egitto; in somma in qualche sito sublime (O), donde si vegga tutto intorno l'orizzonte (ABCD) non interrotto da montagne. Si giri quindi verticalmente il canocchiale, finchè un dato punto (A) di orizzonte, a cui si mira, resti in mezzo al campo del canocchiale; e si osservi qual grado del quadrante sia andato con ciò a collocarsi sotto il filo a piombo. A questo modo si viene a valutare l'angolo (AOP) formato dalla verticale colla retta, che congiunge l'occhio (O) dello spettatore col punto (A) guardato. Dopo si giri orizzontalmente il canocchiale, e si prenda di mira un altro punto qualunque (B) di orizzonte; e si vedrà che l'angolo (BOP) formato parimente dalla verticale (OP) colla retta (OB), che congiunge l'occhio (O) dell'osservatore con quest'altro punto (B) di orizzonte, è

Fig. 3.

precisamente uguale all'antecedente (AOP). Dal che si conclude che sono uguali le due rette orizzontali AP e BP, congiungenti il piede (P) della verticale coi due punti (A e B) di orizzonte, ai quali si mira. Infatti dal sito (O) dell'osservatore, col filo a piombo, si è abbassata la verticale (OP), la quale è perpendicolare per definizione (1. 4ª), al piano dell'orizzonte (ABCD). Dunque sono uguali i due triangoli (AOP, BOP), ciascuno dei quali è formato dalla verticale stessa colle due linee, congiungenti gli estremi di questa con uno dei due punti (A e B) presi di mira. Dacchè sono rettangoli (in P), ànno per cateto commune la verticale (OP), e di più ànno uguali i due angoli (AOP, BOP) misurati col quadrante astronomico. Per conseguenza gli altri due cateti (AP e BP) debbono es-

sere uguali fra loro. Or questo ragionamento può replicarsi per ogni altro punto (C,D,...) dell'orizzonte. Dunque la circonferenza di questo è una curva che, stando alle osservazioni, giace tutta in un medesimo piano (1. 2ª), e dista ugualmente con ogni suo punto dal piede (P) della verticale preso nel piano suo. È pertanto secondo tutte le apparenze un circolo, il cui centro è in questo piede medesimo; e per sollevazioni leggiere, è pressochè nel sito dell'osservatore.

IV. ALTRE DEFINIZIONI. 1ª Nell'orizzonte sono stati determinati quattro punti equidistanti, denominati *punti cardinali.*

2ª Un diametro dell'orizzonte, il quale segua la direzione dell' ombra gittata dinanzi a noi dal nostro corpo, o più precisamente dal filo a piombo (fig. 4), nell'istante del mezzogiorno, va a segnare sulla circonferenza dell' orizzonte medesimo due punti. Quello che ci resta dirimpetto, o verso la parte dell' ombra prodotta sul suolo vuoi dal nostro capo, vuoi dall'estremo superiore (Z) del filo, dicesi *nort.*

Fig. 4.

3ª Quel punto poi che rimane dietro a noi, o verso l'estremo dell'ombra gettata dal capo inferiore (N) del filo, si domanda *sud.*

4ª Un secondo diametro, ortogonale al primo, coi suoi due estremi segna a destra un terzo di questi punti, chiamato *est.*

5ª Questo stesso diametro fissa alla nostra sinistra il quarto punto cardinale denominato *ovest*, ed anche *west.*

6ª Ma oltre questi, si fissano ancora altri due punti. Si consideri la direzione del filo a piombo; questa va a segnare nel Cielo (sopra Z) un punto, che è detto *zenit.*

7ª Essa medesima, prolungata al di sotto, va a determinare, nella parte di Cielo che ci è invisibile, un altro punto (sotto N) che si appella *nadir.*

8ª Questi due ultimi punti sogliono anche chiamarsi *poli dell' orizzonte:* poichè i Geometri domandano *poli di un cir-*

colo gli estremi di una retta centrale e normale al medesimo; e tale è, per definizione, verso l'orizzonte la retta, che termina in zenit e nadir.

11. Forma della Terra. — Non è ancor tempo di determinare con tutta esattezza qual sia la figura della Terra: chè a questa indagine non siamo ancor preparati; ma possiamo frattanto dimostrare (e il dimostrarlo assai ci giova), che la Terra è ad un di presso della forma di sfera. Con che verremo a risolvere la questione, che abbiamo proposta (**12.** II.) fin da principio.

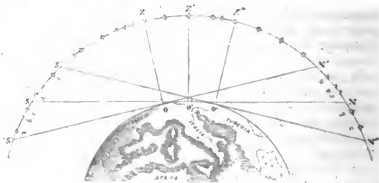



Fig. 5.

I. TEOREMA. *La Terra è di forma pressappoco sferica, ossia un globo.*

Dimostrazione. Fra i varii argomenti, che possono arrecarsi a dimostrazione di codesta tesi, mi piace riferirne tre concludentissimi; uno dei quali è riportato da Aristotile, un altro da Plinio, il terzo ci è stato fornito dai moderni.

1° Principiamo da quello di Aristotile. Se la superficie della Terra (fig. 5) fosse un piano e nulla più, in qualunque parte (O, O′, O″,) a noi piacesse trasloćarci su di essa, ci sarebbero palesi sempre le stesse porzioni di Cielo. Or accade l'opposto. Giacchè sebbene, stando noi fermi nel medesimo paese (O′), appaiano verso nort sempre quelle medesime stelle (*u*, *v*, *x*,), che siamo abituati a vedervi, e non ne sopravvengano

mai di nuove; pure procedendo verso colà (per esempio passando in O''), l'aspetto del Cielo ci si verrà cangiando a seconda di questo nostro cammino. Verranno cioè ad apparirci, dalla parte verso la quale procediamo, sempre nuovi gruppi (*y*, *z*,) di astri, e ad occultarsene un altrettanti dei cogniti (*d*, *e*,) dal lato opposto. Viceversa, se l'osservatore si trasferisse verso sud (in O), perderebbe di vista certe stelle (*u*, *v*, *x*,) dalla parte di nort, e principierebbe a vederne delle nuove (*a*, *b*, *c*,) verso sud. Ora sarebbe una stranezza ridicola pensare, che una tale apparenza provenisse dalle stelle medesime, le quali si muovessero proprio allora solamente che noi viaggiamo; occultandosi precisamente quelle, alle quali volgiamo le spalle, ed innalzandosi per appunto certe altre, che ci restano dirimpetto. Conviene invece ammettere che, sebbene ciascuna porzione (O, O', O'',) della linea cui percorriamo, e la quale si confonde col piano di un diverso orizzonte (NS, N'S', N''S'',) ci sembri piana; ciò non ostante, considerata nella sua integrità (O O' O''), sia veramente curva, e faccia parte di orizzonti (NS, N'S', N''S'') variamente inclinati fra loro. Allora è ragionevole che, col mutar paese, l'orizzonte ci si abbassi davanti, e ci si innalzi di dietro, e quindi ci scuopra innanzi una nuova porzione di Cielo e ce ne occulti dopo un'altra perfettamente uguale.

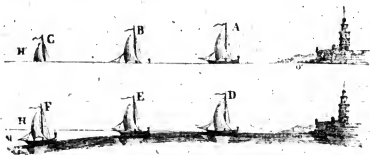



Fig. 6.

2° Veniamo all'argomento di Plinio. Se la superficie del mare, che è pure la massima parte della superficie del glo-

bo terracqueo, è piana; per qual ragione (fig. 6) allor quando una nave (A) salpa dal lido sparisce da prima il corpo della nave (B), poi le antenne, quindi non si vede che la cima dell'albero (C), e finalmente tutto il bastimento si nasconde al nostro sguardo? Non indica un tal fenomeno, che la linea (MO) da esso percorsa è curva? Imperocchè a spiegare tale apparenza bisogna accordare, o che la barca coll'allontanarsi dal lido si venga a tuffare sempre più dentro l'acqua; oppure che il bastimento percorra una curva (MO), e però venga successivamente abbassandosi (col passare da D in E, in F,) sotto quel piano (H'O', sul quale noi ci ritroviamo, ed il quale per la sua opacità ne limita la visione alle sole cose soprastanti. Ma la prima ipotesi è sicuramente falsa: resta

Fig. 7.

dunque vera la seconda. Similmente per qual motivo quando noi (fig. 7), siamo per approdare (col passare da O in O', in O''), si principia dallo scorgere i soli merli (R) delle alte torri, quindi si veggono le parti (R') meno sublimi, e l'ultima ad apparirci è la spiaggia (R'')? Anche questo fatto non mostra ad evidenza come la nave, che ci trasporta, percorre una curva (O O'O''); è che noi perciò veniamo a trovarci sopra orizzonti (O R, O'R', O''R''), sempre più inclinati verso quel primo, sul quale posavamo quando partimmo, e ciascun dei quali nasconde sotto di sè parti sempre men sollevate dal lido? Viceversa; se noi partendo dal lido percorressimo una linea retta (R''H), la torre (R) dovrebbe sembrarci sempre più piccola e confusa; ma a qualsivoglia distanza dovremmo o non vederla affatto, o vederla intera.

3° Finalmente i moderni ànno posta, fuori di controversia la sfericità della Terra. Infatti dappoichè l'immortale scopritor dell'America ebbe ardito trapassare le Colonne d'Ercole, il mare fu percorso per ogni lato; e non mancò chi dirigendosi verso *ovest* e non deviando mai di molto da tale direzione, dopo lungo cammino in apparenza rettilineo, si ritrovò di nuovo al sito, donde era partito. Ferdinando Magellano fra gli altri, nel principio del secolo decimosesto, salpò da Siviglia, e procedendo sempre verso *west*, approdò in *est* al continente antico, e precisamente alle Isole Filippine; dopo aver percorsa una strada, in ciascuna sua porzione apparentemente piana. Una cosa simile avvenne all'inglese Giacomo Cook nel secolo decimottavo. Ora non è che la linea curva, e ad un di presso circolare quella, la quale, sembrando in ogni suo punto retta e sempre la stessa, rientra ciò non ostante in sè medesima.

4° A questi argomenti è espediente aggiungere la seguente conferma. In qualunque altura si vada, onde possa scorgersi tutto intorno l'orizzonte, senza impedimento di veruna montagna; esso orizzonte (che è poi l'estremo lembo della Terra visibile) è un vero circolo (**13.** III.) Ora, come tutti sanno, il solo corpo sferico è quello, il quale da qualunque lato lo si riguardi, apparisce terminare in un cerchio.

Conclusione. Ognuno di questi argomenti prova abbastanza da sè la falsità delle ipotesi soprammentovate sulla figura della Terra: che se vogliansi riunire insieme, ne emerge una dimostrazione assai convincente. Dappoichè pel primo argomento la Terra è certamente rotonda nella direzione di sud a nortr; è rotonda nella direzione di *est* ad *ovest* pel terzo; pel secondo e pel quarto è rotonda in ogni altra direzione intermedia: per conseguenza essa è pressappoco una sfera. Dico *pressappoco*: perchè gli addotti argomenti, potendo restar veri ancorchè la Terra fosse della forma di un pomo o di un novo, non provano che essa sia una sfera esatta; ma dimostrano ineluttabilmente che non è nè piana, nè in forma di cilindro, o di timpano, che è per appunto ciò, su cui cade la questione.

*II. COROLLARII. 1° Dunque nell'interno della Terra vi è cer-

tamente un punto, il quale dista a un di presso ugualmente da tutti i punti della superficie terrestre; ossia la Terra à un centro, nel senso più proprio del vocabolo.

2° Dunque il piano dell' orizzonte è un piano *tangente* la Terra nel punto, in cui si trova l'osservatore. Questo non potrebbe asserirsi, se la Terra fosse essa stessa un piano, o concava come un piatto, o si estendesse fino alle stelle. Ma dacchè è dimostrato che dessa è un globo; è manifesto che l'orizzonte è determinato da quella piccola porzione di superficie terrestre, la quale, a prescindere dalle irregolarità delle montagne, è sensibilmente piana, e colla sua opacità ricuopre ai nostri occhi (che ne distano così poco) tutta una metà dell'Universo. Il piano quindi di questo orizzonte, non è che il proseguimento geometrico in tutti i sensi di quella porzione apparentemente piana di superficie sferica terrestre, la quale ci sostiene. Ora il proseguimento geometrico di una piccolissima porzione di superficie sferica, è precisamente un piano tangente la sfera stessa nel punto, in cui quella porzioncella si ritrova. Dunque il piano dell'orizzonte è un piano geometrico, che tocca la Terra nel sito, da cui l' orizzonte medesimo vien riguardato.

3° Ogni porzione della superficie terrestre à il suo proprio orizzonte. Mentre ogni porzione di superficie sferica à un diverso piano tangente; e l'orizzonte per l' antecedente corollario è tale. È questa la spiegazione, alla quale dovemmo ricorrere per dar ragione dei fatti allegati nei due primi argomenti della tesi.

4° Dunque ogni retta normale al piano dell'orizzonte, ossia ogni verticale, è nella direzione di un raggio della Terra. Imperocchè ogni retta normale al piano tangente di una superficie sferica, e sollevata dal punto di contatto di questa con quello, va certamente al centro della sfera, ossia è un raggio; come si dimostra in Geometria. Ora pel corollario secondo l'orizzonte è un piano tangente la superficie sferica terrestre, e la verticale per definizione (**18.** I. 4°) è sollevata dal punto di contatto fra l'orizzonte e la superficie della Terra, ed è normale a quello. Dunque la verticale, ove fosse prolungata inferiormente, passerebbe pel centro della Terra; e

però essa stessa non è che la prolungazione di un raggio terrestre.

5° Viceversa la prosecuzione di qualsivoglia raggio terrestre è una verticale. Dacchè, come insegnano i Geometri, ogni raggio, e però ogni suo proseguimento, è perpendicolare al piano tangente la superficie sferica nel punto, in cui esso raggio perviene. Ora ogni perpendicolare all' orizzonte è una verticale. Dunque ogni raggio terrestre, e quindi ogni suo prolungamento, è una verticale.

6° Dunque la verticale può determinarsi col filo a piombo. Conciossiachè si dimostrerà in Fisiometria che il raggio terrestre rappresenta la direzione della gravità, la direzione cioè secondo la quale cadono i corpi; e che il filo a piombo segna questa stessa direzione. Donde trarremo per conseguenza che il filo a piombo segue il prolungamento del raggio terrestre. Ora pel corollario antecedente ogni prosecuzione di un qualche raggio terrestre è una verticale. Dunque il filo a piombo (supposto vero ciò che verrà provato nella Terza Parte) determina la verticale, come asserimmo (**13.** I. 4°).

15. Figura apparente del Cielo. — Passiamo ora a parlare della figura del Cielo.

I. TEOREMA. *Il Cielo secondo tutte le apparenze è una sfera cava, nel cui centro si ritrova il centro stesso della Terra.*

1° *Si dimostra la prima parte.* Il Cielo, da qualunque sito o paese si riguardi ci offre in ogni sua parte la medesima apparenza. Poichè ci si manifesta dovunque, come la parte concava di un segmento sferico, ossia come un fornice sferico di costanti e identiche dimensioni: in guisa che, sebbene ogni qual volta si muta paese questo fornice non sia più esattamente quello medesimo di prima, ma si mostri mancante di una piccola porzione da un lato ed accresciuto di un'uguale parte dall' altro (**14.** I. 1°); nondimeno questo nuovo fornice à le medesime dimensioni dell' antecedente. Quindi è che il Cielo intero viene ad apparirci come un insieme di tante porzioni di superficie sferica, le quali si succedono l' una all'altra senza veruna interruzione, ed anzi si confondono scambievolmente quasi in totalità. Ma un tale insieme è evidentemente una sfera. Dunque ecc.

2° *Si dimostra la seconda parte.* In qualunque (fig. 8) sito (O, O', O'') della Terra noi andiamo, vediamo sempre la stessa distanza (OZ, O'Z', O''Z'') tra noi e lo zenit. A questa distanza si aggiunga quella (OC, O'C, O''C), che passa tra noi e il centro della Terra; la quale, essendo questa un globo, è la medesima in tutti i siti. Con ciò avremo tante somme OZ + OC; O'Z' + O'C; O''Z'' + O''C) tutte uguali fra loro (OZ + OC = O'Z' + O'C = O''Z'' + O''C). Ora ognuna di queste somme è formata da due rette, le quali stanno per dritto fra loro, ossia costituiscono una retta sola. Che ciò sia vero risulta da tre cose: *prima*, queste due rette ànno un punto (O, O', O''), comune, che è il sito ove noi siamo; *seconda*, esse stesse giacciono l'una sotto l'altra sopra all'orizzonte; *terza*, sono ambedue perpendicolari ad un medesimo piano, cioè all'orizzonte. Le due prime sono manifestissime, e la terza si prova assai facilmente così. Per definizione (**13.** IV. 6ª) è perpendicolare all'orizzonte (AB, A'B', A''B''), la retta (OZ, O'Z', O''Z''), intercetta fra noi e lo zenit; lo è parimenti quella (OC, O'C, O''C), intercetta fra noi e il centro della Terra: perchè ogni raggio, come insegnano i Geometri, è perpendicolare al piano che tocca la sfera nel punto, ove esso raggio perviene. Ma due rette, le quali abbiano un punto comune, sieno normali ad un piano, e giacciano l'una sopra l'altra sotto a questo stesso piano, sono evidentemente per dritto, cioè formano una retta sola (OZ + OC = CZ; O'Z' + O'C = CZ'; O''Z'' + O''C = CZ''). Per conseguenza tutte le rette che, muovendo dal centro della Terra, vanno ai singoli zenit corrispondenti ai diversi punti di superficie terrestre, sono uguali fra loro. Ma di questi zenit se ne ritrovano in tutti i punti del Cielo. Dunque il Cielo è una sfera, che à per centro il centro stesso della Terra.

Fig. 8.

II. DEFINIZIONI. 1ª Il Cielo si denomina *sfera celeste*, ed anche *sfera stellata*.

2ª Il centro della Terra si considera e chiama *centro dell'Universo*.

3ª A precisare la posizione di un astro, si immagina un piano geometrico (fig. 9) che passi per zenit (Z), per nadir (*n*), e per l'astro (A). Poichè il Cielo è una sfera (E*n*OZAV*n*), quel piano determina su questa un circolo (AV*n*Z). Or questo è detto *circolo verticale*.

4ª L'arco (AV) di circolo verticale, intercetto fra l'astro (A) e l'orizzonte (SONE), è nominato *altezza dell'astro*.

5ª L'arco (SV) intercetto fra il punto sud (S) e l'arco (AV) di altezza, si denomina con voce arabica *azimutto* dell'astro.

Fig. 9.

III. COROLLARII. 1° Ogni circolo verticale è massimo. È massimo quel circolo di sfera, il cui piano passa pel centro di questa. Ora la linea, che congiunge zenit con nadir, è verticale (**12.** IV.6ª, 7ª); e però passa per qualche raggio terrestre (**14.** II.4°), e quindi anche pel centro della Terra. Ma il centro della Terra è centro anche della sfera stellata. Dunque il piano del circolo verticale traversa il centro della sfera stellata, e quindi per la sua intersezione con questa determina in Cielo un circolo massimo.

2° Ogni circolo verticale è perpendicolare all'orizzonte. Giace nel circolo verticale, anzi ne è diametro, la retta che congiunge zenit con nadir; e questa è perpendicolare all'orizzonte. Ma un piano, in cui giace una retta normale ad un secondo piano, è perpendicolare a questo piano medesimo. Dunque il circolo verticale è normale al piano dell'orizzonte.

IV. SCOLII. 1° L'altezza di un astro si computa, contando zero sull'orizzonte (in V), e 90° allo zenit (Z).

2° L'azzimutto si valuta, chiamando zero il punto sud (S),

e procedendo a contare per ovest verso est (ossia colla direzione SONE).

16. Moto diurno della sfera stellata. — Fa parte dell'aspetto, che di sè offre l'Universo, quel grandioso movimento che ci si mostra in tutti quanti gli astri. E di questo appunto passeremo a parlare.

I. TEOREMA. *La sfera stellata, secondo tutte le apparenze, giornalmente si volge con moto uniforme da est ad ovest, intorno a due suoi punti diametralmente opposti.*

Dimostrazione. Questa, a facilitarne l'apprendimento, divideremo in tre punti.

1° Per poco che ci facciamo a considerare in una notte serena l'aspetto del Cielo, presto ci accorgeremo che tutte le stelle sono in un continuo movimento, e si ravvolgono tutte da est verso ovest. Per farci un' idea un poco più precisa di tal fenomeno, poniamoci ad osservare con attenzione il Cielo dalla parte di sud: e principiando dal riguardare l'orizzonte, verremo ad avvertire che a quando a quando apparisce qualche stella vicino a questo punto cardinale, lambisce, direi quasi, l'orizzonte medesimo, e poco dopo si occulta dall'altra parte. Allargando il campo della nostra osservazione, vediamo delle stelle, che uscendo sull' orizzonte dalla parte sinistra del sud, girano intorno a questo punto, e si occultano alla nostra destra. Altre sorgono ancor più lontano dal medesimo punto cardinale, ma parimenti alla nostra sinistra; ed innalzandosi maggiormente delle altre, dopo qualche ora s' ascondono a destra come le altre, ma a maggior distanza da sud. Più si ingrandisce il campo della osservazione, e più ci apparisce ampio il cammino delle stelle: talchè se ne veggono altre, e poi altre, che sorgono più verso est, si sollevano vie maggiormente, rimangono maggior tempo sopra l'orizzonte, e vanno a tuffarsi più verso ovest. Seguitando a riguardare in un' estensione sempre maggiore, troviamo che lo stesso fenomeno torna a replicarsi prendendo proporzioni più grandi; finchè vediamo alcune stelle nascere precisamente al punto est, portarsi a grande altezza, ed occultarsi esattamente nel punto ovest, dopo circa dodici ore. Quello che è assai notevole si è, che queste linee curve per-

corse dalle stelle, si mostrano come altrettanti archi di circolo. Siamo allora indotti a credere, che queste stelle medesime compiano al di sotto dell'orizzonte l'arco, che rimane a chiudere il cerchio; e quelle, che il giorno appresso compariscono dalla parte di est, sieno appunto le stesse che si nascosero il giorno innanzi dalla parte di ovest. Infatti ciascuna tanto più tarda a rivedersi, quanto è maggiore gradualmente l'arco che le resta in tale ipotesi a percorrere sotto l'orizzonte. Imperocchè, le stelle che abbiamo osservato per le prime, percorrono in brevi istanti archi di pochi gradi ed appartenenti a circoli di piccol raggio; ma dopo scomparse ritardano poco meno di un giorno a ricomparire. Le altre scorrono per archi non che di maggior numero di gradi, spettanti a circoli di raggio anche maggiore, e vi impiegano un maggior numero di ore; ma restano altresì occulte un tempo minore. Finchè quelle, le quali nascono in est e tramontano in ovest, percorrono visibilmente una semicirconferenza; ma per dodici ore circa sono visibili, ed invisibili per altrettante.

2° Ma per proseguire la nostra indagine, volgiamo lo sguardo verso nort: e dopo di avere di nuovo fissato quelle stelle, che nascono in est (il qual punto ora ci resta a destra) e percorso un semicerchio si occultano proprio in ovest, restringiamo il nostro riguardo a minore estensione; e vedremo che anche da quest'altra parte nascono altre stelle. Ma queste si sollevano a più grande altezza, e percorso un arco maggiore di una semiperiferia, si immergono sotto l'orizzonte al di qua di ovest, e ritardano meno a rinascere. Dopo queste, altre stelle emergono da punti più prossimi a norte, e descrivono archi sempre maggiori, cioè di maggior numero di gradi, ma non di più grande raggio (come accadeva, quando eravamo rivolti a sud): perchè al contrario intanto che viene aumentando gradualmente l'arco, vediamo che viene diminuendo il raggio del cerchio, di cui esso arco fa parte. Anzi ci accorgiamo che certe stelle descrivono ogni giorno un circolo intero; ma quanto è più angusto lo spazio, a cui limitiamo la nostra attenzione, tanto è più piccolo il raggio di questi circoli. Di modo che riguardando fra zenit

e norte ci si appalesa una stella, la quale a differenza di ogni altra rimane perpetuamente immobile, al centro appunto di quei circoli, sui quali scorrono le sue vicine. Adesso divien certezza il sospetto che concepimmo intorno alle stelle osservate verso sud; che cioè ogni giorno ricomparissero sempre le medesime, e che ciascuna compiesse sotto l'orizzonte il resto del circolo, avente a centro un punto a noi invisibile. Anzi tutto ci porta a credere che dalla parte medesima vi sieno altre stelle, le quali scorrano per circoli a noi del tutto nascosti sotto l'orizzonte: che se ci piaccia di viaggiare verso là, o di richiederne altri osservatori che colà dimorino, sparirà ogni dubbiezza anche su questo proposito.

3° Ciò posto notiamo, che questo movimento offre alcuni caratteri assai importanti per la dimostrazione della tesi. Primamente quando una stella, trascorso che sia un giorno, à compiuto il suo viaggio, cioè à percorso l'intero suo circolo, tutte le altre ànno in pari tempo compiuti i loro, grandi o piccoli che sieno. Secondamente ogni giorno ciascuna stella ricalca costantemente le sue orme, vale a dire torna a scorrere pel cerchio medesimo. Terzamente tutti questi circoli, che appariscono descritti dalle stelle sulla superficie della sfera stellata, chi ben li consideri, sono esattamente paralleli fra loro. Finalmente, ove con una clessidra o con un oriuolo a pendolo si valuti la velocità dal movimento di tutte le stelle, non pure non si sorprende alcuno sbalzo o fermata, ma non vi si avverte nè anche verun ritardo o accelerazione sensibile. Insomma le cose accadono nella maniera medesima in che accadrebbero, se le stelle fossero fisse stabilmente, o per così dire inchiodate sulla sfera celeste; e non esse, ma la sfera medesima con moto sempre uniforme si avvolgesse giornalmente intorno a due suoi punti diametralmente opposti. Può dunque dirsi che, stando alle apparenze, la cosa è appunto così.

II. DEFINIZIONI. Ora possiamo stabilire il significato di certe denominazioni.

1° Il movimento sopra descritto vien chiamato *moto diurno della sfera stellata*.

2ª Il tempo, impiegato dalla sfera a compiere con moto uniforme ciascuna sua rotazione, si denomina *giorno sidereo*. Questo non è molto differente dal giorno volgare.

3ª Quei due punti diametralmente opposti, intorno ai quali ogni giorno sembra che s'avvolga la sfera, da πολεῖν (girare) sono chiamati *poli del Mondo*, o *poli* senz'altro.

4ª Il polo visibile a noi è detto *polo artico*, ed anche *polo nort*; l'opposto, che c'è invisibile, si appella *polo sud* e *antartico*.

5ª La retta, che si imagina congiungere i due poli, si domanda *asse del Mondo*.

6ª Si dice *equatore celeste* il circolo descritto da quelle stelle che passano per i punti est ed ovest.

7ª Si imagini un piano che passi per norte, pel sito ove noi siamo, e per lo zenit: esso taglia nella sfera stellata un circolo verticale che si denomina *meridiano celeste*. Sebbene per *meridiano* si intenda, anche più comunemente, quella semiperiferia del detto circolo, la quale partendo dal polo visibile passa per zenit e termina al polo invisibile.

8ª Il punto *est* si chiama anche *levante* ed *oriente*. Ma con queste voci si intende più spesso tutto l'emisfero nel cui vertice si trova *est*, s'intende cioè quella che suol chiamarsi la *parte orientale* del Mondo: che è appunto quella, da cui sorgono tutti gli astri.

9ª Il punto ovest è denominato anche *ponente* ed *occidente*. Sebbene questi vocaboli si usino più di frequente a significare la così detta *parte occidentale* del Mondo; vale a dire quell'emispero, limitato dal meridiano celeste, in cui tutti gli astri vanno ad occultarsi sotto l'orizzonte.

10ª Parimente colle parole *borea* e *settentrione* s'indica tanto il punto nort, quanto quella semisfera che meglio chiamasi la *parte boreale* e *settentrionale* del Mondo; ed è limitata dall'equatore celeste.

11ª Al modo medesimo l'altro emisferio circoscritto dall'equatore stesso prende nome di *parte australe* del Mondo, dicendosi *austro* e *mezzogiorno* tanto il punto sud, quanto (ma men propriamente) la parte stessa.

12ª L'asse del Mondo, essendo un diametro passa pel cen-

tro della sfera stellata, e però anche della Terra; traversa quindi la superficie di questa in due punti diametralmente opposti, sui quali stando si à allo zenit o l'uno o l'altro dei poli celesti. Questi due punti sono detti *poli della Terra*, uno *nort* e *artico*, l'altro *sud* e *antartico*.

13ª Anche sulla Terra vi è un circolo chiamato *linea*, ed anche *equatore terrestre*. Esso è determinato dalla sezione, che si imagina effettuata sulla superficie del globo terracqueo dall'equatore celeste.

14ª La sezione poi, prodotta dal meridiano celeste sulla superficie stessa, determina un altro circolo che similmente à nome *meridiano terrestre*. Ma il più delle volte questo è contraddistinto col nome di un paese; e allora si vuol significare quel semicerchio suo terminato ai poli terrestri, e passante pel sito, di cui porta il nome.

15ª Anche la Terra s'intende divisa in quattro parti emisferiche denominate rispettivamente *orientale*, *occidentale*, *settentrionale* o *boreale*, ed *australe* rispondentemente agli omonimi emisferi celesti.

16ª La stella, che ci apparisce fissa al polo nort, è chiamata *stella polare*.

17ª Non solo la polare, ma tutte le stelle, avvegnachè non stieno immobili come quella, ma si ravvolgano ciascun giorno sul nostro capo, tuttavolta, poichè non cangiano posizione sulla sfera celeste, sono denominate *stelle fisse*.

18ª E ciò principalmente per differenziarle da certi pochi astri, i quali, tuttochè partecipino al moto comune della sfera stellata, non lo seguono ciò non pertanto con quella esattezza, che sarebbe necessaria per poterli suppor fissi su di lei. A cagion d'esempio, il Sole e la Luna, come tutti sanno, ora nel trapassare il meridiano sono molto alti, passano cioè tra l'equatore e lo zenit, ed ora sono molto bassi scorrendo sotto l'equatore medesimo: con che essi ora si trovano fra le tali stelle, ed ora fra di altre totalmente diverse. Similmente fanno alcuni altri astri dotati di luce più tranquilla, cioè meno vivida e scintillante di quella delle fisse. Questi appunto perchè si traslocano sulla sfera celeste da πλανήτης, che vuol dire *errante*, furon detti *pianeti*.

19° Ma a precisare il sito occupato in Cielo dai pianeti, ed a contraddistinguere le singole stelle fra di loro, queste fino da antichissimo tempo furono classificate secondo i gruppi, più o meno distinti, che formano insieme; e tali gruppi ebbero nome *costellazioni*.

* III. SCOLII. 1° Il giorno sidereo viene distribuito, come il giorno volgare, in ventiquattro parti uguali, le quali sono denominate *ore siderali*; e queste si dividono in sessanta porzioni dette *minuti primi*, ed i minuti primi si distinguono in sessanta altre uguali parti chiamate *minuti secondi*, e questi finalmente si suddividono in frazioni decimali.

2° A rappresentare il tempo tanto volgare che siderale in numeri tali, che non abbiano a confondersi con quelli esprimenti i gradi ed i minuti degli archi, è invalso l'uso di posporre superiormente ai numeri stessi non lo zero o gli apici (come si fa per questi ultimi), ma la lettera *h* per le ore, un' *m* pei minuti primi, ed una *s* pei secondi. A cagion d'esempio, il tempo di quattro minuti primi, impiegati dalla sfera stellata a ravvolgersi di un grado, si scrive così: 0^h, 4^m, 0^s. È facile quindi capire la sequente notazione: la sfera celeste si ravvolge di 15°, 30′, 16″, 5 in 1^h, 2^m, 1^s, 1.

3° Dappoichè si imaginò, primieramente dalla fervida fantasia degli antichi orientali, che le costellazioni rappresentassero le figure di certe cose per lo più animate, così ciascuna di esse si distinse col nome di quella cosa, colla quale quel dato gruppo mostrò una qualche rassomiglianza. Quindi suol dirsi: costellazione *del Toro*, *dei Gemelli*, *del Leone*, e via dicendo.

4° Anzi le figure di queste cose si idearono come delineate su ciascuna costellazione. Per lo che le stelle singolari assunsero il nome della parte che occupavano su tal figura. Però si disse: il *Cuor* dell'Idra, la *Spiga* della Vergine, e simili.

5° Ma i moderni amano di denominare le stelle colle lettere dell'alfabeto greco, e quando queste non bastino anche con quelle del latino, secondo l'ordine, per quanto si può, della loro grandezza; dicendosi α la più grande, β quella che viene appresso, γ l'altra men grande ancora, e così di se-

guito. Nel caso per altro che se ne scuopra di nuovo una più grande di qualcuna delle già conosciute e nominate, invece di cangiare il segno a tutte le più piccole, si impone alla nuova per nome la prima lettera non ancora destinata a verun' altra.

6° Se non che alcune poche stelle portano da antica data un lor nome proprio; come l' α della costellazione di Boote si chiama *Arturo*, l' α della Lira è detta *Vega*, e nei Gemelli l' α à nome *Castore*, e *Polluce* la β.

17. Piccolezza relativa della Terra. — Ritorniamo ora alla Terra, per valutare la sua grandezza in confronto a quella della sfera celeste.

1. TEOREMA. *La Terra in confronto alla sfera stellata, secondo tutte le apparenze, non è più di un punto fisico.*

1° *Dimostrazione*. La distanza relativa (fig. 10) di due astri (A, B,) o molto vicini fra loro, od anche lontani, ma tali che nascano e tramontino insieme [1], mantiensi sensibilmente la stessa (AB = A'B' = A''B'') durante tutto il tempo, in cui essi si aggirano sul nostro orizzonte; qualunque sia il luogo, donde si osservano. Or ciò non potrebbe avvenire se non in uno di questi due casi; o che quegli astri (A, B,) fossero veduti dal centro stesso della Terra, che secondo tutte le apparenze è (**15**. I. 2°) il centro stesso della sfera stellata, sulla quale essi costantemente si ritrovano; oppure che la loro distanza dalla Terra fosse così smisuratamente grande, da potersi considerare come un punto solo tanto il centro della Terra medesima, quanto qualsivoglia sito della sua su-

1 L'una o l'altra di queste due condizioni viene opportuna per eliminare lo spostamento, che ci mostrano gli astri per la rifrazione della luce. Giacchè siccome per tal rifrazione tutte le stelle ci debbono sembrare tanto più sollevate sull'orizzonte, quanto più sono prossime a questo; così ove se ne prendano a considerare due, che percorrano lo stesso circolo celeste e distino molto fra loro, esse dovranno apparirci più vicine mutuamente quando son basse che quando sono alte: perchè la più bassa, sollevandosi apparentemente più dell' altra, sembrerà essersi ravvicinata a questa. Non così se i due astri sieno stati scelti fra quelli, che nascono insieme e insieme tramontano, o che sono molto vicini fra loro. Dacchè allora l' effetto della rifrazione avrà sensibilmente lo stesso valore su di ambidue, e quindi non potrà produrre veruna alterazione nella loro scambievole distanza.

perficie. Imperciocchè se un solo (S) dei siti, da cui i detti astri (A, B) son riguardati, si ritrovasse, sensibilmente almeno, fuori del centro della sfera, sulla quale essi paiono conficcati; la loro mutua distanza angolare (ASB, A′SB′, A″SB″), valutata da questo sito medesimo, dovrebbe continuamente cangiare. Dacchè essa sarebbe data da tanti angoli, aventi la base sopra altrettanti uguali, ma differenti, archi della stessa

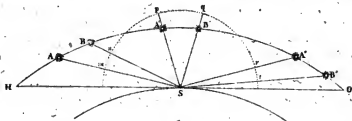



Fig. 10.

circonferenza, ed il vertice in un medesimo punto esistente fuori del centro: e però disuguali per necessità.

2ª *Dimostrazione*. Due stelle (S, S′), o molto vicine fra loro, o nascenti e tramontanti insieme, si veggono (Fig. 11) alla stessa mutua distanza angolare (SOS′, SO′S′, SO″S′,...), qualunque sia il sito (O, O′, O″,....) da cui si riguardino. Ora, affinchè sieno uguali tutti questi angoli, che ànno per base lo stesso arco (SS′) intercetto fra le due stelle, e per vertice qualsivoglia punto (O, O′, O″,...) di superficie terrestre, è manifestamente necessario che tutti questi punti, per l'immensa distanza delle stelle da noi, possano considerarsi come un medesimo punto fisico (C). Dunque veramente la

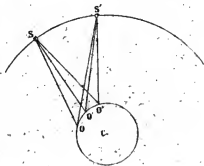



Fig. 11.

Terra veduta dal Cielo, ossia in confronto ad esso, si riduce sensibilmente ad un punto solo.

*II. COROLLARII. Da questa tesi si traggono assai agevolmente le seguenti illazioni, sulle quali poggiano tutte le osservazioni astronomiche.

1° Non solamente il centro della Terra, come dimostrammo (15. I. 2°), ma qualunque punto della superficie terrestre è sensibilmente il centro della sfera stellata. Dacchè, relativamente a questa, tutto il globo da noi abitato è un punto solo.

2° Tutte le rette, che, partendo da diversi punti della Terra comunque distanti fra loro, vanno ad un medesimo punto della sfera celeste, sono fisicamente parallele fra di loro. Dappoichè avendo i diversi punti, dai quali esse partono, una mutua distanza che, in confronto alla loro lunghezza, è veramente un nonnulla; la divergenza loro dal parallelismo matematico non può essere nè sensibile, nè valutabile con veruno strumento, per esquisito che sia: e però non è fisica. Esse son dunque da dirsi sensibilmente o fisicamente parallele.

3° Due o più piani indefiniti e paralleli ognuno dei quali passi per un diverso punto del globo terrestre, andranno a segnare sulla sfera stellata un circolo apparentemente unico. Stantechè la fascia, che nel Cielo, geometricamente parlando, rimane frapposta fra due circoli paralleli, passanti per due diversi punti della Terra, non può essere certamente più larga del diametro terrestre. Ma la Terra, se fosse dipinta in Cielo a linee di fuoco, di quaggiù (secondo la tesi dimostrata) non apparirebbe più grande di un atomo. Dunque la larghezza di quella fascia sarebbe un punto solo, ed apparentemente i due circoli si confonderebbero insieme. Altrettanto dicasi di tutti gli altri, i quali soddisfino alle condizioni medesime.

4° Dunque due piani, uno dei quali sia quello dell'orizzonte, e l'altro sia orizzontale e passi pel centro della Terra, prolungati indiffinitamente determinano sulla sfera stellata secondo tutte le apparenze un medesimo circolo. Giacchè, essendo essi paralleli, e distando fra loro della sola lunghezza del raggio terrestre, adempiono alle condizioni del corollario antecedente.

5° L'orizzonte è sensibilmente un circolo massimo della sfera celeste. Poichè quelli si dicono circoli massimi di una sfera, i piani dei quali passano pel centro di lei. Ma il piano dell'orizzonte, confondendosi colla porzione di continente o di mare che ci sostiene (**14**. II. 2°), passa per noi: e noi siamo sensibilmente al centro della sfera. Dunque l'orizzonte è sensibilmente un circolo massimo di sfera celeste. O in altro modo: l'orizzonte si confonde sensibilmente con quel circolo celeste, che nasce dall'intersezione di un piano orizzontale e passante pel centro della Terra.

6° Il meridiano celeste è un circolo massimo. Perocchè il piano del meridiano per difinizione (**16**. II. 7ª) passa per noi. Ora noi occupiamo il centro della sfera stellata. Dunque il meridiano, dacchè giace in un piano che passa pel centro di questa, ne è circolo massimo. Oppure: giace nel piano del meridiano la retta, che congiunge lo zenit con noi (**16**. II. 7ª), ossia la verticale. Ora questa (**13**. I. 4ª) passa pel centro (**14**. II. 4°) della Terra. Dunque passa per questo anche il piano del meridiano. In breve: il meridiano (**15**. II. 3ª) è un circolo verticale: dunque (**15**. III. 1°) è massimo.

7° L'equatore celeste è circolo massimo. Conciossiachè la retta che congiunge est con ovest, giace tutta nel piano dell'equatore, perchè questo come sappiamo (**16**. II. 6ª), passa per quei due punti cardinali. Ma essa medesima per definizione (**13**. IV. 4ª e 5ª) passa per noi, ossia pel centro apparente della sfera. Dunque anche il piano dell'equatore passa pel centro della sfera, e però l'equatore medesimo è apparentemente un circolo massimo.

8° L'equatore e il meridiano terrestre sono circoli massimi. Dappoichè essi per difinizione (**16**. II. 13ª e 14ª) sono determinati dall'intersezione rispettiva dei piani dell'equatore celeste e del meridiano pur celeste colla superficie della Terra. Ma questi due circoli celesti, appunto perchè sono massimi, passano col loro piano pel centro dell'Universo, o ciò che è lo stesso, pel centro della Terra. Dunque tanto l'equatore terrestre, come il meridiano terrestre è circolo massimo della Terra.

9° I poli fisici del Mondo sono anche poli geometrici del-

l'equatore. Imperciocchè l'asse del Mondo (**18.** II. 5ª) è centrale e normale al piano dell'equatore. Gli è centrale: perchè passa per noi; e noi, stando al centro della sfera stellata, stiamo anche al centro di tutti i suoi circoli massimi. Gli è normale: perchè dalla descrizione del moto diurno della sfera stellata (**18.** I.) risulta, che ciascuna stella in ogni punto del circolo, cui descrive giornalmente, dista ugualmente dalla stella polare: e si sa dalla Geometria che una retta sollevata dal centro di un circolo, se con un suo estremo dista egualmente da ogni punto della circonferenza, è normale al piano del circolo medesimo. Ora gli estremi dell'asse del Mondo sono i poli (**18.** II. 3ª e 5ª) fisici di questo. Dunque i poli del Mondo sono i poli geometrici (**12.** IV. 8ª) dell'equatore.

10º I poli del Mondo sono i poli geometrici di tutti i circoli minori percorsi dalle stelle. Dappoichè è evidente che qualsivoglia punto della superficie di una sfera, la quale si ravvolga intorno ad un suo diametro, deve, durante l'intera sua rotazione, mantenersi costantemente alla stessa distanza da un punto qualunque di questo diametro; e quindi anche da quel punto, che giace nel piano, su cui quel primo si ravvolge, e che però è il centro del circolo percorso in questa rotazione medesima. Dunque ciascuna stella, trascinata dalla rivoluzione della sfera a scorrere per un circolo, dista sempre ugualmente da quel punto preso sul piano di questo circolo, per cui passa l'asse della rotazione: il che vuol dire che l'asse del Mondo passa per i centri di tutti i circoli minori. Inoltre quest'asse è anche perpendicolare ai piani di tutti i circoli minori; poichè questi sono paralleli all'equatore, che è perpendicolare all'asse medesimo. Dunque l'asse del Mondo è centrale e normale a tutti i circoli minori, e però i suoi estremi, cioè i poli del Mondo, sono poli di tutti i circoli minori.

11º I punti est ed ovest sono sensibilmente i poli del meridiano. Mentre la retta, che congiunge est con ovest, è centrale al meridiano, perchè passando per noi, passa pel centro di ogni circolo massimo della sfera. Inoltre essa medesima è normale al meridiano: dacchè per definizione è nor-

male tanto (**18.** IV.4ª e 5ª) alla retta che congiunge nord con sud, quanto (**18.** IV.6ª e 7ª) a quella che unisce lo zenit al nadir. Or queste due rette s'incrocicchiano appunto là, dove trapassa la linea condotta da est ad ovest, e di più giacciono nel piano (**16.** II. 7ª) del meridiano; dunque quella è normale a questo. Gli estremi pertanto est ed ovest della retta, centrale e normale al meridiano, sono da dirsi i poli geometrici di questo circolo massimo.

12° È geometricamente possibile misurare direttamente qualunque arco di circolo celeste. Poichè ogni arco di circolo è misurato dall'angolo formato dai due raggi, che racchiudono il detto arco. Per conseguenza, affinchè possa valutarsi direttamente un arco celeste, è necessario, secondo Geometria, che si possa misurare l'angolo fatto dalle due rette, le quali partendo dagli estremi di detto arco si riuniscono al centro del circolo, a cui esso arco appartiene. Ora noi siamo appunto al centro di ogni circolo massimo celeste. Dunque, geometricamente almeno, ma direttamente, è possibile valutare qualsivoglia arco di circolo massimo celeste. Dico *geometricamente almeno*; perchè la misura fisica divien possibile allora solamente che n'è dato poter valutare a gradi l'inclinazione reciproca di due rette, le quali, partendo dagli estremi (ciascuna da un estremo diverso) dell'arco da misurarsi, vengono a riunirsi nel sito, dove noi siamo; vale a dire al centro del circolo, a cui l'arco medesimo appartiene.

13° Un arco di circolo massimo celeste, misurato da diverse parti della Terra, à dovunque il valore medesimo. Un arco misurato dall'angolo opposto avrebbe valori diversi, se il vertice di quest'angolo si ritrovasse quando in uno quando in un altro punto, e questi punti relativamente a quell'arco potessero dirsi diversi. Ora ogni punto di superficie terrestre è sensibilmente, ma esattissimamente, nel sito medesimo, rispetto alla sfera stellata, cioè nel centro fisico di questa. Dunque tutti gli angoli, opposti ad un medesimo arco di circolo massimo celeste, ed aventi il loro vertice su qualche punto della superficie terrestre, debbono avere fisicamente il medesimo valore.

III. SCOLII. 1° All'intento di misurare con facilità ed esat-

tezza questi angoli (intento che à una evidente importanza scientifica), sono oggidì in uso varii strumenti di una grandissima perfezione. Tutti in sostanza sono costituiti da can-

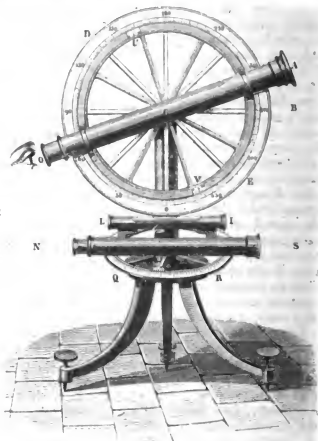



Fig. 12.

nocchiali e da circoli accuratamente divisi in gradi, e minuti. Per ora contentiamoci di prender notizia di uno di essi (fig. 12) non così semplice come il già descritto (**13.** II.), ma nè anche

tanto complicato, come i più moderni. Supponiamo un circolo (DE) tenuto in un piano verticale da un solido sostegno, e graduato in modo che lo zero resti nel diametro verticale; il che può ottenersi abbassando o sollevando lo strumento (per mezzo delle tre viti che ne costituiscono i piedi), finchè esso diametro corrisponda esattamente alla linea tracciata da un filo a piombo (**13.** I. 4ª), oppure (per ragioni che esporremo nella Parte sperimentale) finchè la bolla d'aria della livella (LI) si posi nel mezzo esattamente dell'apertura di essa livella. Supponiamo inoltre che questo circolo abbia un battente nella sua grossezza interna, e che in tal battente venga incastonato un altro circolo (UV) esattamente concentrico al primo, il quale tenga raccomandato un canocchiale (OCA), e sia contrassegnato con due brevi graduazioni (U,V,), aventi il loro principio agli estremi di quel diametro che è normale all'asse (AO) del canocchiale. Ciò posto facilmente si comprende come, girando in un piano verticale il circolo interno (U,V,) e per conseguenza anche il canocchiale (OA) che gli è annesso, e fermandolo allora che il suo zero inferiore combina collo zero del circolo esterno (DE), Si comprende, dico, come in tal posizione l'asse del canocchiale sarà esattamente parallelo al diametro orizzontale, che passa per 90° e 270°. Ond'è che mirando, esempigrazia, prima un astro (che stia nella direzione CA) e poi un altro (esistente nel prolungamento della CB), l'arco frapposto fra questi due astri, per i corollarii, qui sopra stabiliti, sarà uguale all'angolo (ACB) formato dall' asse del canocchiale nelle due successive sue posizioni (BC, AC). Ora quest'angolo è uguale all'arco opposto (AB) del circolo graduato (DE), pel quale à scorso l'asse medesimo, ed è anche uguale all' arco percorso dallo zero del circolo (UV) interno. Siccome pertanto quest'ultimo arco è dato dalla differenza che passa fra il grado del circolo esterno, a cui corrisponde lo zero dell' interno quando si mira il primo astro, e quello del circolo esterno medesimo, a cui corrisponde lo zero dell'interno quando si riguarda l'altro astro; così è manifesto come possa con tutta agevolezza misurarsi l'arco di circolo massimo celeste frapposto a due astri qualunque.

2° Per altro ad ottenere tale misura non solo in gradi e minuti, ma anche in quelle frazioni, che per la loro minutezza non potrebbero essere segnate sopra la circonferenza del circolo; è stato inventato uno strumento assai semplice (fig. 13.); il quale à due nomi, e sono *nonio* e *verniero*; perchè da altri viene attribuito ad un certo Nunnez, da altri a Verner. Ad intenderne l'utilità, s'immagini primieramente una riga (AC) rappresentante la misura, che si vuole adoperare per valutare una data lunghezza lineare (mn); e poi

Fig. 13.

un' altra (DP), uguale in lunghezza a nove, esempigrazia, delle unità della prima, ma scompartita essa medesima in dieci porzioni uguali fra loro. È evidente, che essendo tutta questa seconda (DE) di un decimo più breve della somma (AB) delle dieci unità della prima, ciascuna unità di questa medesima seconda (che è appunto ciò che dicesi *nonio* o *verniero*) sarà parimente di un decimo più breve [1] di ciascuna unità della misura (AC). Posto ciò, ove s'intenda misurare una certa estensione (mn), ognuno sa che dee mettersi

[1] Chiamando n il numero delle parti, in che si vuol dividere il nonio (DE), ed l la lunghezza che nella misura (AC) abbraccia le dette n parti, la lunghezza del nonio sarà $\frac{l-1}{n}$. Perciò la differenza, cui chiameremo d, che passa fra una parte $\frac{1}{n}$ della misura ed una $\frac{l-1}{n}$ del nonio, sarà data dall'equazione $d=\frac{l}{n}-\frac{l-1}{n}=\frac{l-l+1}{n}=\frac{1}{n}$. Il che mostra come essendo il nonio diviso in n parti, ed uguale ad $n-1$ parti della misura, ognuna delle sue parti sarà differente da ciascuna parte della misura di un' *ennesimo* esattamente.

un estremo di questa allo zero esattamente della misura, e quindi osservare a qual numero risponda l'altro estremo del la medesima estensione. Poniamo che quest'ultimo si ritrovi fra il 4 ed il 5. Ebbene; a valutare di quanti decimi la detta estensione supera il 4, si fa scorrere il nonio (D'E') lungo la misura (A'C') in modo che il suo zero (D') tocchi il secondo estremo (n) della estensione medesima; e quindi si guarda quale unità del nonio coincida con una qualunque delle unità della misura (A'C'): il numero rappresentante questa unità sarà il numeratore della frazione cercata, ed il numero delle parti, in che il nonio stesso fu scompartito ne sarà il denominatore. Imperciocchè principiando a contare dal punto di coincidenza e procedendo verso sinistra, si vede che le divisioni del nonio rimangono addietro rispetto a quelle della misura di 1, di 2, di 3,... decimi. Però supponendo che l'ottava divisione del nonio coincida con una della misura, è chiaro che, dallo zero (D) del nonio alla quarta divisione della misura, correrà l'estensione di 8 decimi della unità della misura medesima: e quindi l'estensione (mn) da misurarsi è 4, 8. Quello che si è detto di una misura rettilinea, può similmente ripetersi di un arco graduato: e però sul circolo interno dello strumento sopra (1°) descritto, non vi è il solo zero che abbiamo più volte nominato, ma un vero nonio. Anzi spesso, di questi nonii, ve n'à più d'uno.

3° Affinchè poi l'astro, a cui si mira, si ritrovi esattamente sulla prolungazione dell'asse del canocchiale, dentro di questo s'incassa un anello (fig. 14.) di ottone, in cui sono tesi cinque o anche sette fili finissimi (che prima erano di ragno, ed ora si fanno di platino) verticali, e traversati da un altro simile filo orizzontale. Questo strumento si colloca in modo che l'asse del canocchiale passi esattamente per l'incrocicchiamento (a) del filo orizzontale col mediano dei verticali: perciò l'astro, quando apparisce in questo incrocicchiamento medesimo, sta sicuramente nel detto asse. Si avverta che di notte questi fili, perchè sien visibili, debbono essere illuminati artificialmente.

Fig. 14.

IV. PROBLEMA. *Determinare l'altezza* (**15.** II. 4°) *e l'azzimutto* (**15.** II. 5°) *di un astro.*

Risoluzione. È evidente (fig. 15.) che la posizione di un astro qualunque (A) in un dato istante sarà onninamente determinata, ove se ne conosca l'altezza (AV) e l'azzimut (SV). Ora questi due archi possono misurarsi, colla più grande facilità ed esattezza, con uno strumento analogo a quello che abbiamo in parte sopra (III. 1°) descritto. Da questa descrizione medesima apparisce, come l'*altezza* (AV) dell'astro si possa leggere direttamente sul circolo graduato, col solo guardare incontro a qual grado di questo risponda lo zero del nonio del circolo interno. Non resta dunque che a determinare l'*azzimutto*. A tale scopo sul piede dello strumento (fig. 16.) posa orizzontalmente un altro circolo graduato (QR): di più il perno orizzontale, che dal centro (C) del circolo verticale esterno (DE) va a posarsi sull'asta verticale, che si solleva dal piede dello strumento medesimo, è raccomandato ad un anello o tubo metallico che abbraccia o veste esattamente l'asta medesima. Con ciò il circolo verticale (DE) può successivamente passare per tutti i possibili piani verticali. Siccome poi a questo tubo è annesso un braccio orizzontale, portante sulla circonferenza del circolo orizzontale una piastretta (n) divisa a mo' di nonio; così ogni passo che si faccia fare al circolo verticale (DE), col ravvolgerlo intorno al suo diametro pur verticale, sarà da questo nonio medesimo (n) indicato sul circolo orizzontale (QR). Or bene; poniamo che lo strumento sia collocato in modo che quando si mira al punto sud, lo zero del nonio (n) della detta piastretta risponda allo zero della graduazione del circolo orizzontale (QR). È manifesto che col girare il canocchiale (OC) affine di mirare l'astro (A) lo zero del nonio

Fig. 15.

medesimo (n) scorrerà per tanti gradi del circolo orizzontale, quanti appunto ne vale l'azzimut dell'astro. Solamente ad esser certi che in tale ravvolgimento lo strumento non si è

Fig. 16.

mosso affatto, sarà espediente che al piede suo sia annesso un altro canocchiale (NS), il cui asse sia parallelo al diametro del circolo orizzontale che passa per lo zero della graduazione di questo. Finchè l'asse del canocchiale inferiore

giace nella retta che congiunge nort con sud, certamente il grado segnato dal nonio inferiore è l'azzimut cercato.

* **18. Depressione dell'orizzonte e conclusione del presente Articolo.**— A compire in qualche modo ciò che è più interressante a sapersi intorno all'aspetto, sotto il quale ci si offre l'Universo; non rimane che fare un'avvertenza sulle varietà, che presenta l'orizzonte ad osservatori collocati a diverse altezze, e un brevissimo epilogo di tutto l'Articolo.

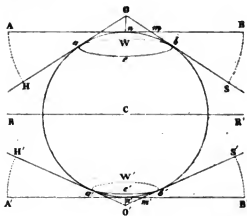



Fig. 17.

I. DEFINIZIONI. 1ª Si chiama orizzonte *sensibile* quel circolo celeste che è determinato dall' opacità della Terra, per la quale ne rimane ascosa incirca una metà della sfera celeste.

2ª Vien detto orizzonte *razionale* quello, che nasce da un piano geometrico passante pel centro della Terra e parallelo all'orizzonte sensibile.

3ª A nome *depressione dell'orizzonte* la distanza graduale fra l'orizzonte sensibile ed il razionale.

II. SCOLII. 1º Per orizzonte abbiamo dovuto intendere fin qui quel piano, che, toccando la superficie terrestre nel sito ove noi siamo, e confondendosi così con una piccola porzione di essa, va a segnare nel Cielo il limite fra la parte visibile, e quella invisibile a noi, sia di Cielo, sia di Terra. E questo orizzonte sensibile, per la piccolezza della Terra in confronto alla sfera celeste, si confonde fisicamente coll'orizzonte razionale; finchè l'osservatore, come avviene ordinariamente, poggia sopra un piano non mol-

to più alto del livello del mare. Ma se invece accada che l'osservatore si ritrovi sopra una montagna assai elevata, o s'innalzi sopra un globo aerostatico, la cosa non è più così. Allora l'orizzonte (fig. 17.) sensibile è determinato da una retta (OH), che partendo dall'occhio (O) dell'osservatore discende tangente (in a) sulla superficie della Terra, e rasentando questa in una serie di punti (a, e, b, w) disposti in circolo, va oltre fino alle stelle, e traccia colaggiù un'altra circonferenza. Quest' ultima è a questo modo alla base di un cono circoscritto alla Terra, avente il suo vertice all'occhio dell'osservatore; e non è certamente un circolo massimo di sfera stellata, nè si confonde in veruna maniera coll'orizzonte razionale. Dacchè ogni retta (OS), che partendo dall'osservatore va all'orizzonte *sensibile* celeste, fa in prossimità della Terra un angolo (BmS), assai bene apprezzabile, con una retta (CR', oppure nB), che va all'orizzonte *razionale*. Ora due rette, che partono da un punto terrestre, o prossimo alla Terra, e fanno fra loro un angolo sensibile, per quanto si prolunghino, non diventano mai, neanche solo sensibilmente, parallele. Dunque in tal caso i due orizzonti (il razionale ed il sensibile) ànno fra loro una distanza graduale (BS), indipendente dalla grandezza relativa della Terra.

2° Anzi questa distanza medesima, che chiamasi *depressione dell'orizzonte*, e si valuta collo strumento (**13**.II.) chiamato *settore di depressione*, questa, dico, è tanto più sensibile, quant'è più alta la stazione, da cui si mira l'orizzonte (cioè quanto $On > O'n'$, tanto $AH > A'H'$). Imperocchè allora solamente l'orizzonte sensibile si confonde veramente, ma apparentemente, col razionale, quando l'angolo (HOS) fatto dalle due rette (OH, OS), che dall'osservatore vanno a due punti cardinali opposti, fanno fra loro un angolo ottusissimo; uguale cioè, almeno sensibilmente, a 180°: il che non avviene che alla superficie del mare o in prossimità di essa. E questo spiega come possa avvenire che quanto più un aeronauta si solleva, tant'è più grande la porzione ($aebw > a'e'b'w'$) di Terra, che esso vede; ma tanto anche gli appare più piccola la Terra ($HOS < H'O'S'$) medesima; e tanto più ancora l'orizzonte sensibile (OH) si deprime sotto al razionale (CR, ossia BA). Questa depressione

è sempre una piccola cosa, e sembra che non possa superare i due gradi: perchè le sollevazioni, alle quali noi possiamo pervenire, fossero pure di sette od otto mila metri (come la massima di Gay-Lussac), non sono poi un gran che in confronto alle dimensioni assolute della Terra. Ciò non ostante il celebre aeronauta Sadler [1] potè vedere una levata di Sole all'occidente, e due tramonti nella stessa sera.

III. SINOSSI. Dalle cose discorse in questo Articolo possiamo finalmente raccogliere che il Mondo, secondo tutte le apparenze, è una sfera immensa, tutta ornata di splendentissimi astri, e ravvolgentesi ciascun giorno da oriente in occidente; nel mezzo della quale rimane sospesa liberamente la Terra, che à la forma di un globo, il quale è di così piccole dimensioni in confronto alla vastità del firmamento, da poter essere riputato in ogni sua parte, come il centro fisico della sfera stellata. Questa prima considerazione è già sufficiente a darci una qualche idea delle dimensioni dell'Universo, e quindi della grandezza di Dio suo Creatore e Conservatore; come púre il maestoso e solenne spettacolo del movimento incessante, uniforme, regolarissimo di tutti i fulgentissimi corpi che in numero innumerevole e in così bella varietà adornano il Cielo, è adattatissimo a rivelarci

« La gloria di Colui che tutto muove. »

ARTICOLO II.

SOLE.

19. Moto proprio del Sole. — Nessuno ignora quale sia l'astro, che à nome Sole; ed ognuno può facilmente avvertire che il movimento di questo splendidissimo corpo celeste non è al tutto uniforme a quello della sfera: cosicchè esso, oltre al moto comune con questa, ne à un altro tutto suo proprio. E di tal moto che qui intendiamo trattare.

I. PROPOSIZIONE. *Il Sole si mostra dotato di un moto suo*

1 Herschel. Trattato d'Astronomia (50).

proprio, pel quale si vede descrivere da occidente verso oriente un circolo inclinato sull'equatore di 23°, 28'.

Dimostreremo questa proposizione per parti.

1ª *Il Sole si mostra dotato di un moto suo proprio, in opposizione a quello della sfera stellata.*

Dimostrazione. Infatti il Sole non può in verun conto supporsi fisso sulla sfera. È vero che anch'esso ogni giorno nasce in oriente, si solleva al meridiano, e tramonta in occidente; ma, come ognun vede, percorre archi ora bassi assai, ed ora sollevati non poco dall'orizzonte; ossia non torna sempre sulle sue vestigia, come fanno le stelle fisse. Ma oltre a ciò, quando l'università delle stelle à compiuto un circolo, e la sfera si è ravvolta di un'intera rivoluzione, il Sole non à compiuto il circolo suo. Infatti se il tempo, che il Sole vi impiega, si principia a computare dall'istante di tempo siderale (**16**.II. 2ª) in cui il Sole nasce sull'orizzonte, la mattina seguente all'ora stessa il Sole nè sarà nato, nè starà nascendo; ma anzi apparirà sull'orizzonte circa quattro minuti dopo. Il che indica, come, durante la rivoluzione della sfera, il Sole per moto suo proprio si sia ritirato alquanto verso oriente. E poichè questo ritardo si rinnova tutte le mattine; così è vero, che il Sole è dotato di un moto tutto suo da occidente verso oriente.

2ª *Il Sole pel moto suo proprio percorre un circolo.*

Dimostrazione. S'imprenda ad esaminare il movimento del Sole in quel giorno, in cui esso nasce al punto est insieme ad una data stella [1], descrive con questa l'equatore, e si occulta in ovest. Se dopo quarantacinque giorni si osservi il

[1] Difficilmente potrà ottenersi, che questa descrizione torni chiara, senza la spiegazione orale, accompagnata dal seguente artificio. Si prenda una *sfera armillare*, in cui si ritrovino i due dischetti metallici rappresentanti il Sole e la Luna; e quello della Luna si consideri come l'imagine della stella di confronto, e si fermi incontro al punto equinoziale di primavera. Dopo ciò si principii dal collocare dapprima ivi stesso il disco del Sole, e si faccia compire una rivoluzione alla sfera armillare. Successivamente, ad ognuna delle osservazioni esposte nel testo, il disco solare si traslochi di 45° verso occidente; si faccia notare il sito della nascita del Sole; e quindi ravvolgendo la sfera si venga mostrando il circolo diurno percorso dal Sole, e il punto di orizzonte, donde questo

movimento del Sole, si avvertirà che questo nasce un tre ore dopo la stella di confronto, e non più al punto est, come la prima volta, ma assai più vicino a nord che a sud: quindi si vedrà il Sole medesimo descrivere un arco di circolo, parallelo all'equatore, ma più sollevato sull'orizzonte; ed in fine tramontare più vicino a nord che a sud. Dopo novanta giorni dalla prima osservazione, il Sole si mostra sei ore dopo la stella di confronto, e in un punto di orizzonte ancora più vicino a norte; scorre per un circolo il più prossimo a zenit di tutti gli antecedenti e distante dall'equatore di ben 23°, 28′; e va ad occultarsi molto più vicino a nord che a sud. In una osservazione distante altri quarantacinque giorni circa dall'antecedente, il Sole si leva un nove ore dopo la stella, ma da un punto distante da est meno della volta passata; descrive un circolo meno elevato; e cade nel rispondente punto di orizzonte. Si lascino passare altri quarantacinque giorni, e la nascita del Sole accadrà nel momento, in cui la stella tramonta, ossia dodici ore dopo la nascita di lei; ma questa volta il Sole emergerà di nuovo dal punto est, descriverà ancora l'equatore, e andrà a tuffarsi nel punto ovest. Trascorsa un'altra quarantacinquina di giorni, la nascita del Sole succede quindici ore dopo quella della stella, ed in un punto che dista meno da sud che da norte; il circolo percorso è parallelo all'equatore, ma più basso di questo; ed il tramonto avviene al modo stesso in un punto più prossimo a sud che a nort. In una successiva osservazione, fatta dopo il solito intervallo di tempo, il Sole ritarda diciott'ore a comparire dopo apparsa la stella; ma si è avvicinato ancor più a sud; e però incede per un circolo assai basso sull'orizzonte, e si cela alla distanza medesima dal punto stesso. Il quarantacinquesimo giorno dopo, istituendo una simile osservazione, si verifica il consueto ritardo di altre tre ore; ma la levata si fa in un punto men distante da est dell'antecedente, il circolo diurno è più prossimo all'equatore, e la ca-

si cela ai nostri sguardi. Dacchè io ò adottato un tal metodo, non ò più incontrato difficoltà a fare intendere ai principianti questo punto, per fermo interessantissimo nella scienza degli astri.

lata à luogo parimenti a minor distanza da ovest. Finalmente dopo altri quarantacinque o quarantasei giorni, il Sole nasce ben ventiquattr'ore dopo la solita stella, cioè con lei medesima, e di nuovo nel punto est; descrive l'equatore, e tramonta al punto ovest. Da indi in poi ritornano a riprodursi i fenomeni medesimi. Or bene: se i singoli punti di Cielo, che nelle successive osservazioni si videro occupati dal Sole al suo nascere, s'intendano congiunti con altrettante linee rette, si ottiene un poligono rientrante in sè stesso, i cui angoli poggiano sulla sfera stellata. Moltiplicando poi le osservazioni, cioè rendendole più frequenti, aumentano in numero i lati di questo poligono: il quale finalmente, se le osservazioni si facciano frequentissimamente, nel limite si tramuta in una sola linea tracciata sulla sfera celeste (fig.18.), ossia in un vero circolo (EYCX). Dunque il Sole pel moto suo proprio percorre un circolo.

3ª *Il circolo, percorso dal Sole pel moto suo proprio, traversa l'equatore, ed è inclinato a questo di 23°, 28′.*

Dimostrazione. Abbiamo veduto non à guari, che il Sole ora si trova sotto, ed ora sopra l'equatore (cioè ora in YCX, ora in XEY). Dunque il circolo percorso dal Sole taglia, secondo tutte le apparenze, l'equatore celeste. Inoltre, tenendo conto dei singoli punti che il Sole, non ogni quarantacinque giorni solamente, ma ciascun giorno, anzi momento per momento, passa ad occupare sensibilmente sulla sfera stellata, si trova che la massima distanza dall'equatore, a cui esso giunga (o in altri termini la distanza dall'equatore del circolo parallelo, percorso dal Sole in quel giorno in cui questo si trova massimamente lontano dall'equatore medesimo) è precisamente 23°, 28′. Ma quest' arco (QC, oppure ÆE) misura l'angolo (CTQ) dell'inclinazione dell' equatore (ÆYQX) sul

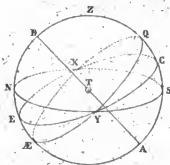



Fig. 18.

circolo (YCXE) descritto dal Sole pel suo moto proprio. Dunque per questo moto il Sole percorre un circolo inclinato appunto di 23°, 28′ sull'equatore.

II. DEFINIZIONI. Ora si può passare alla determinazione del senso di alcuni vocaboli.

1ª Il circolo percorso dal Sole pel moto suo proprio si chiama *eclittica*. Tal nome è derivato dalla parola *eclissi*: perchè (come vedremo a suo luogo) quel notissimo fenomeno, che à nome *ecclisse*, non può accadere, se non quando sì la Luna, che la Terra si trovano appunto sul piano del circolo percorso dal Sole.

2ª Il Sole dopo circa 365 rivoluzioni della sfera si riporta costantemente su di uno stesso punto di essa, e riprincipia a percorrere l'eclittica. È tal lasso di tempo, che dicesi *anno*.

3ª Il tempo che scorre tra appulso ed appulso successivo del Sole al meridiano (cioè a quella semicirconferenza che passa per zenit e termina ai poli) vien chiamato *giorno solare*.

4ª Il giorno solare si distingue in *naturale* e *artificiale*. Quello definito è il *giorno naturale*. Per giorno *artificiale*, detto anche *giornata*, s'intende il tempo che trascorre dalla levata al tramonto del Sole.

III. SCOLIO. Anche il giorno solare si divide in 24 parti uguali dette *ore solari*, e queste in 60 minuti primi, ed i minuti primi in 60 secondi. E son proprio questi i minuti, e le ore volgari.

IV. COROLLARII. Dalla tesi dimostrata possono dedursi alcune conseguenze.

1° L'eclittica è un circolo massimo. Imperocchè, come nella Stereometria si dimostra, quel circolo è massimo, il quale non passando pei poli di un massimo, lo taglia ciò non ostante in porzioni uguali. Ora l'eclittica non passa per zenit e nadir, ossia pei poli dell'orizzonte, com'è manifesto; ma taglia questo in due porzioni uguali. Infatti in due date ore del giorno passa per est e per ovest. Nelle altre ore poi, se dalla parte di oriente passa tra est e nord, e alla distanza da est di un certo numero di gradi; all'ora medesima dalla parte di occidente passa fra ovest e sud, alla distanza da

ovest data dallo stesso numero di gradi: altrimenti, o l'eclittica non avrebbe, come à di fatto, un'uguale inclinazione di sopra e di sotto all'equatore, oppure l'equatore non passerebbe, come fa, continuamente pei punti est ed ovest.

2° Due volte all'anno la giornata è uguale alla notte. Dacchè due volte all'anno il Sole percorre l'equatore, come abbiam veduto. Ma l'equatore (**17**. II. 7°) è un circolo massimo, come lo è pure (**17**. II. 5°) l'orizzonte. Ora, secondo la Stereometria, due circoli massimi di una sfera si tagliano a vicenda per metà. Dunque il Sole, nel percorrere due volte l'anno con moto uniforme (**18**. I. 2°) l'equatore, che è tagliato in due metà dall'orizzonte, dimorerà tanto tempo sopra l'orizzonte ed altrettanto sotto.

3° Tutte le altre giornate dell'anno saranno disuguali dalla notte. Infatti in ciascun altro giorno dell'anno il Sole percorre un circolo parallelo all'equatore; il quale, appunto perchè parallelo, non può passare pel centro della sfera, e però non può esser che minore. Ma, come si prova in Stereometria, ogni circolo minore è tagliato in porzioni disuguali da un circolo massimo, che non passa pei suoi poli. Poichè dunque l'orizzonte non passa pei poli dei circoli paralleli all'equatore (il che equivale a dire che non passa pei poli del Mondo), taglia questi in porzioni disuguali; perciò il Sole nel percorrerli, pel moto uniforme della sfera, dovrà trattenersi di sopra all'orizzonte per un tempo diverso da quello, pel quale si trattiene sotto: ossia la notte sarà disuguale dalla giornata.

4° La differenza fra la notte e il giorno è tanto maggiore, quanto è maggiore la distanza che passa fra il punto occupato dal Sole sull'eclittica, ed i punti di intersezione fra l'eclittica e l'equatore. Dappoichè ogni giorno il Sole, trovandosi sopra un diverso punto di eclittica, è trascinato dal moto diurno della sfera a percorrere un diverso parallelo; e questo parallelo percorso dal Sole disterà tanto più dall'equatore, quanto il punto di eclittica occupato dal Sole è più distante dal punto di intersezione fra l'eclittica e l'equatore. Ora quanto più un parallelo dista dall' equatore, tanto più lontano dall' orizzonte passa col centro suo: perchè es-

sendo disposti sull'asse del Mondo tutti i centri dei paralleli; e passando pel centro del Mondo così l' orizzonte come l'equatore; quanto più un parallelo dista dall' equatore, tanto più il centro suo dista dal piano dell' orizzonte. Ebbene: si dimostra nella Stereometria, che un circolo massimo divide un minore in parti tanto più disuguali, quanto esso massimo

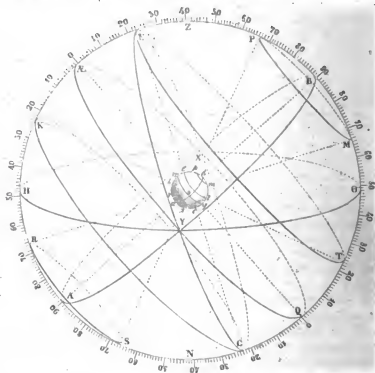



Fig. 19.

passa più lontano dal centro del minore. Dunque il Sole dimorerà sopra l' orizzonte un tempo tanto più disuguale da quello in cui dimora sotto di esso, quanto il centro del parallelo (cui percorre) è più distante dall'orizzonte; ossia quanto il punto di ecclittica, su cui giace il Sole, dista più dall'intersezione dell'ecclittica coll'equatore.

20. Varia lunghezza del giorno solare. — Prima di passare alla tesi, che viene appresso, è espediente premettere alcune definizioni, e tre altri corollarii, che appunto per queste definizioni possono più brevemente esporsi.

I. DEFINIZIONI. 1ª I punti (Y,X), nei quali (fig.19.) l'ecclittica taglia l'equatore, nei quali cioè trovandosi il Sole la notte agguaglia il giorno artificiale, sono chiamati *punti equinoziali*. Anche l'equatore stesso celeste è detto *circolo equinoziale*.

2ª Fra i circoli paralleli all'equatore, percorsi dal Sole pel moto diurno, quei due (TE,CK) che sono i più distanti dall'equatore medesimo, e che restano uno da una parte, l'altro dall'altra di esso, son denominati *tropici*. Questo nome deriva da τρέπειν, che significa *tornare* indietro: e la ragione è perchè il Sole, dopo averli percorsi, principia a riavvicinarsi all'equatore, donde fino allora si era dilungato.

3ª Pertanto, giunto che sia il Sole o all'uno o all'altro di quei due punti, che distano più di tutti dall'equatore, sembra soffermarsi alquanto. Dacchè nei giorni seguenti ritorna sui medesimi circoli percorsi nei giorni antecedenti; e di più questi circoli sono vicinissimi fra loro, come quelli che appartengono a quei due archetti di ecclittica, i quali si confondono fisicamente con un arco del rispettivo tropico. È perciò che tali punti portano il nome di *punti solstiziali*. Questi sono quei due punti (C,E) di ecclittica, che distano 90° dagli equinoziali.

4ª Poichè i poli (M,R) dell'ecclittica debbono distare da quelli dell'equatore di 23°,28; così si imaginano in cielo due circoli (MP,RS) paralleli all'equatore, la circonferenza dei quali disti appunto 23°,28 dai poli del Mondo, e si appellano *circoli polari*; uno (MP) *artico*, l'altro (RS) *antartico*.

5ª Inoltre si suppone che due circoli passino pei poli del Mondo, e di più uno (BYAX) trapassi pei punti equinoziali, e l'altro (BÆAQ) pei solstiziali; e si domandano *Coluri*, degli *equinozii* il primo, il secondo *de' solstizii*.

6ª Alla guisa medesima si imagina che una retta (oP, oT, oR, oC), partendo dal centro della Terra, scorra pei tropici in Cielo e poi anche per li circoli polari. Essa verrà a segnare sopra la superficie terrestre quattro circonferenze (pm, et, kc, rs), deno-

minate come le loro corrispondenti, ma coll'aggettivo di terrestri, cioè *tropici terrestri*, e *polari terrestri*.

7ª Dicesi che accadono gli *equinozii*, quando il Sole giunge ai punti equinoziali. Allora la notte pareggia il giorno (**19.** IV. 2ª). Il che avviene ai 21 di Marzo, ed ai 23 di Settembre. Dal primo equinozio al secondo il Sole sta nell'emisfero boreale, o in altri termini scorre diurnamente per quei paralleli che ànno la lor parte maggiore sopra l'orizzonte, e però i giorni son più lunghi delle notti. Dal secondo al primo viceversa.

8ª Suol dirsi che accadono i *solstizii*, quando il Sole perviene ai punti solstiziali. Allora vi è la massima differenza fra la durata del giorno e quella della notte (**19.** IV. 4ª). Questo accade ai 21 di Giugno, ed ai 22 di Decembre.

9ª I quattro tempi intercetti fra quelle quattro date (7ª, 8ª), si appellano *Stagioni*. *Primavera* il primo, *Estate* il secondo, *Autunno* il terzo, il quarto *Inverno*.

10ª Gli equinozii ed i solstizii ricevono il nome dalla stagione, che li siegue; dicendosi, a cagione di esempio, *equinozio di Primavera* quello del 21 di Marzo, e *solstizio invernale* quello del 22 Decembre.

II. COROLLARII. 1º Il giorno solare supera il siderale di 4 minuti scarsi. Imperocchè il Sole percorre l'eclittica in un anno, ossia 360 gradi in 365 giorni circa. Dunque ogni giorno fa poco meno di un grado; e precisamente 59′,8″,33 a giorno solare. Ma la sfera celeste si ravvolge di un grado ogni 4 minuti siderali; perchè $24 \times 60 : 360 = 4$. Dunque l'eccesso del giorno solare sul siderale è di 4 minuti scarsi; ed esattamente $3^m, 55^s, 91$ di tempo solare: cosicchè il giorno siderale vale $23^h, 56^m, 4^s, 09$ solari.

2º La velocità del Sole è varia. Dacchè il tempo intercetto fra l'equinozio di Primavera e quello di Autunno è, chi ben consideri le date dei due equinozii, di circa sette giorni più lungo del tempo frapposto fra questo e quello. Ma lo spazio di Cielo (o le porzioni di eclittica percorse in quei due intervalli di tempo) è uguale cioè 180º. Dunque la velocità del Sole non è uniforme, ma è maggiore nell' Autunno ed Inverno, che nella Primavera ed Estate. Anzi, mi-

surando gli archi d'eclittica percorsi in ciascun giorno dal Sole, si trova che questo è dotato della velocità massima il ventuno Decembre, e della minima il primo Luglio. Quindi l'arco diurno, riportato nell'antecedente corollario, è il medio fra il massimo, che vale 1°, 1′, 9″, 9, ed il minimo, che à il valore di 0°, 57′, 11″, 5.

3° Per la velocità varia del Sole, il giorno solare è più lungo nel solstizio invernale che nell'estivo. Dappoichè, come dicevamo or ora, la velocità del Sole è varia; evidentemente, quando questo nel solstizio invernale percorre in un giorno un arco maggiore di un grado, il ritardo del suo appulso al meridiano dev'essere maggiore; dev'essere invece questo ritardo medesimo minore nel solstizio estivo, quando esso percorre ciascun giorno un arco più breve di un grado.

III. PROPOSIZIONE. *Anche per la sola obliquità dell'eclittica sull'equatore, il giorno solare è vario in lunghezza.*

Dimostrazione. Poichè la lunghezza del giorno siderale (**16.** I. 3°) è costante, può ad essa confrontarsi la lunghezza del giorno solare. Or questo, come sappiamo (II. 1°) è lungo circa 4 minuti più del siderale. Sarà dunque dimostrata la varietà del giorno solare dipendente dall'obliquità dell'eclittica sull'equatore, ove sia dimostrato discendere da questa obliquità una incostanza nell'eccesso del giorno solare sul siderale. Ebbene: per la detta obliquità l'eccesso di quello su questo è, nel tempo degli equinozii, di 4 minuti scarsi; ed invece è di 4 minuti abbondanti, nel tempo dei solstizii. Dimostriamo questa proposizione per parti.

1ª *Per l'obliquità dell'eclittica, l'eccesso del giorno solare sul siderale è, negli equinozii, di 4 minuti scarsi.* A dimostrarlo cominciamo dal supporre che la velocità del Sole sia uniforme. Il che veramente non è: perciocchè, come abbiamo qui sopra (II. 3°) dedotto dal confronto dei tempi interposti fra equinozio ed equinozio, il giorno solare è più lungo nel verno che nella state. Ma noi ora prescindiamo affatto da questa disuguaglianza; e, per maggior semplicità di discorso, poniamo che il Sole ogni giorno sidereo percorra esattamente un grado di eclittica: con che veniamo a dire che il giorno solare supera il siderale di quattro minuti siderali esatti; pur-

chè si prescinda un momento dall'obliquità dell'eclittica verso l'equatore. Ciò posto si supponga il Sole (fig. 20.) sul punto equinoziale di primavera (Y), dove l'equatore (EQ) s'interseca coll'ecclittica (HK), e dove passa eziandio il circolo massimo (BYA) chiamato *coluro degli equinozii*. Di più s'immagini un altro circolo (BnA), il quale passi pei poli, e per un punto (n) di equatore distante un grado dall'equinoziale (Y): con che questo verrà a tagliare l'eclittica (HK) in un punto (m) discosto di un grado circa dallo stesso punto equinoziale. Finalmente si riguardi come immobile; durante la rotazione della sfera, il circolo meridiano (BEAQ). Se il punto equinoziale (Y), non che il Sole (che su quel punto si suppone), in un dato giorno e nell' istante di mezzodì, si ritroverà sul meridiano (BEA, e precisamente in E), trascorso che sia un giorno siderale, lo stesso punto equinoziale (Y), pel moto diurno (YE QY) della sfera stellata, passerà di nuovo pel meridiano (in E); ma non vi passerà il Sole. Perocchè questo, durante la rivoluzione della sfera, si sarà pian piano ritirato verso oriente; avrà cioè, (come abbiamo supposto) percorso un grado esatto (YS) di eclittica. Per la qual cosa, quando ripassa pel meridiano (BEA) il punto equinoziale (Y), non vi ripassa il Sole: ed è però che in quell' istante non sarà ancor compiuto il giorno solare. Ebbene: quanto altro tempo deve trascorrere, affinchè, dopo esser trapassato il punto equinoziale (Y) pel meridiano, vi passi il Sole? O in altri termini di quanti minuti il giorno solare supera il siderale? Di quattro minuti scarsi. Dappoichè dopo quattro minuti esatti (con-

Fig. 20.

tati dal momento, in cui passa pel meridiano il punto equinoziale) trapasserà pel meridiano il circolo massimo (BnA), che dista di un grado dal punto equinoziale; ma prima che ciò avvenga, passerà pel meridiano (BEA) il Sole. E ne è la ragione, perchè questo si trova in un punto (S) intercetto fra il coluro (BYA) degli equinozii, e il circolo massimo (BnA) che dista di un grado dal coluro medesimo. Infatti il grado (YS) percorso dal Sole durante una rivoluzione della sfera, è certamente più breve dell'arco di eclittica (Ym) intercetto fra il punto equinoziale (Y) e il detto circolo massimo. Dacchè quest'arco (Ym) è ipotenusa, e però è più lunga evidentemente del cateto (Yn) interposto fra il coluro ed il medesimo circolo massimo: ma questo cateto (Yn) è un grado esatto; dunque tutto il detto arco (Ym) d'eclittica è più lungo di un grado. Ond'è che, dopo una esatta rivoluzione della sfera, il Sole si ritroverà in un punto (S) frapposto fra i due circoli sopraddetti; o ciò che è lo stesso, fra il meridiano, e il circolo massimo che ne dista di un grado: e però passerà pel meridiano (BEA) prima che vi passi il circolo massimo (BmA) distante un grado dal coluro. Ma questesso circolo massimo passa pel meridiano dopo quattro minuti esatti, da che fu compiuto il giorno siderale. Dunque il Sole vi passerà prima, ossia dopo quattro minuti scarsi; o ciò che è lo stesso, nel tempo degli equinozii, di soli quattro minuti scarsi il giorno solare supera il siderale.

2° *Per l' obliquità dell'ecclittica, nel tempo dei solstizii, il giorno solare supera il siderale di quattro minuti abbondanti.* Poniamo che sia mezzogiorno e che accada un solstizio: il Sole (fig. 21.) si ritroverà (in T) tutto ad un tempo e sul tropico (TmK), e sul meridiano (BEA), e sul coluro dei solstizii; il quale in quell'istante si confonde col meridiano. Si faccia passare per i poli, e per un punto (m) del tropico distante di un grado dal coluro, un altro circolo (BmA) massimo. Inoltre, l'istante medesimo si consideri come il principio di un giorno siderale. La sfera intanto si ravvolge verso occidente; e compiuto un giorno siderale, il coluro (BTA) ricombacia col meridiano. Ma in questo istante non è di nuovo mezzogiorno, cioè non è compiuto un giorno solare: perchè

il Sole in questo mentre scorse, pel moto suo proprio, per l'eclittica, ed à (per ipotesi) compiuto esattamente un grado su di essa. Dove sarà giunto? Dico che al di qua del circolo (B m A) massimo distante un grado dal coluro; e lo provo. I due archi, uno di eclittica (T n) e l'altro di tropico (T m), interposti fra il coluro (BTA) e il detto circolo massimo (B n A), sono linearmente quasi uguali. Perchè l'eclittica, la quale tocca il tropico (in T), per l'estensione di un sol grado si trova assai vicina al tropico stesso; ossia l'arco (mn) del solito circolo massimo, che separa il tropico dall'eclittica, è piccolissimo: e però può dirsi che in quella ristretta estensione l'eclittica si confonde quasi col tropico, e così i due detti archi si possono dire uguali. Ma uno di essi (Tm) è un grado di tropico; un arco di tropico, (che è quanto dire di un circolo minore distante più di un terzo di raggio dal centro della sfera) è più breve non poco di un grado di eclittica, circolo massimo; un grado di eclittica dev' essere esteso quanto un grado di equatore: dunque preso sull'eclittica dal punto solstiziale un grado (TS) uguale ad uno di equatore, questò deve terminare al di qua (di n) del circolo massimo (B m A), che dista di un grado di circolo minore dal coluro. Il che potrebbe dimostrarsi con tutta esattezza per mezzo della Geometria, ed apparisce ancora evidentemente a chiunque si faccia a riguardare la cosa su di un globo celeste. Nel quale a colpo d'occhio si avverte che il circolo massimo, passante pei poli e pel decimoquinto grado di tropico dopo il punto solstiziale, taglia sul-

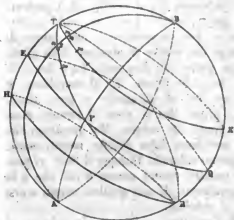



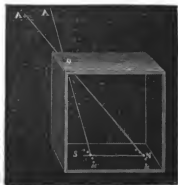
Fig. 21.

l' eclittica soli 14° abbondanti. Pertanto il Sole nell'atto, che è compiuto un giorno siderale, si troverà al di qua (cioè in S) del solito circolo massimo (B m A): e poichè questo circolo passerà pel meridiano, quando saranno trascorsi altri quattro minuti siderali esatti; così è che allora non vi passerà il Sole (S). Accadrà alquanto più tardi che, venendo pur finalmente il Sole (S) a trapassare sotto il piano fisso (BEA) del meridiano, sarà compiuto un giorno solare. Dunque nel tempo dei solstizii, il giorno solare dee superare il siderale di quattro minuti abbondanti; anche nella supposizione, che il Sole seguiti a percorrere esattamente un grado a giorno.

21. Meridiana, tempo vero e tempo medio. — I. DEFINIZIONI. 1ª Se in una vasta sala (fig.22.) si tracci sul pavimento orizzontale una linea (N S), la quale rappresenti l'intersezione del meridiano coll'orizzonte, o, in altri termini, la quale segua esattamente la direzione della linea che congiunge il punto nord col sud; si avrà ciò che dicesi una *linea meridiana*.

Fig. 22.

2ª Se poi sulla volta della sala medesima si apre un sottil foro in un punto qualunque (O), scelto fra quelli, i quali si trovano nel piano verticale che passa per la sopraddetta linea meridiana (N S); vale a dire fra quelli che stanno nel piano del meridiano (N O S) passante per la meridiana (N S) tracciata sul suolo; è manifesto che il raggio di luce solare, che per quel foro (O) s'introdurrà, non giacerà tutto (cioè in tutta la sua lunghezza) nel piano del meridiano, che allora quando il Sole stesso (A) passerà per questo piano. Dunque il dischetto (a) di luce, che questo raggio anderà a dipingere sul pavimento, avrà per suo diametro la linea meridiana sopraddetta (N S) nel solo istante, in cui il Sole passa col suo centro pel meridiano; ossia nell'istante di mezzogiorno. Serve quindi questa linea me-

ridiana (ove abbiasi quel detto foro) a misurare il giorno solare; e però in tal caso si suol chiamare in senso anche più ristretto *meridiana* 1.

3ª Il tempo misurato dalla meridiana si denomina *tempo*

1 Si può costruire una *meridiana* (fig.23.) in modo, che indichi anche altre ore, oltre il mezzogiorno. Difatti se il centro (C) di un sottil disco metallico (PQ) collocato precisamente nel piano dell'equatore, sia traversato da uno stilo (AB) perpendicolare al suo piano; e di più le due faccie del disco si dividano in 24 scompartimenti o settori uguali, l'ombra (CN) gittata su di una di queste faccie dallo stilo esposto alla luce solare indicherà l'ora del giorno. Dappoichè lo stilo (AB), o, come anche chiamano, il *gnomone* segue (come si suppone) la direzione dell'asse del Mondo; il Sole scorrendo diurnamente per qualche circolo parallelo all'equatore, e parallelo quindi anche al disco metallico, farà gittare a questo gnomone un'ombra, la quale girerà giornalmente intorno alla circonferenza del disco (PQ), e la quale dopo ciascun' ora corrisponderà ad un altro dei 24 scompartimenti. Colla sola differenza, che nei giorni equinoziali il disco stesso resterà tutto in ombra, perchè sta nel piano del cammino diurno del Sole (S), e quando questo resta dalla parte australe (in S″) l'ombra cadrà sopra una faccia del disco; cadrà invece sull'altra faccia, quando il Sole (S′) sta dalla parte boreale. Se non che il circolo può collocarsi anche in altra positura: può disporsi per es: in un piano o parallelo o perpendicolare all'orizzonte, come per lo più si usa. Il gnomone per altro deve giacere in ogni caso nella direzione dell'asse del Mondo, e le divisioni debbono esser poste a distanze acconciamente calcolate. Ma il calcolo relativo a queste divisioni non può aver luogo in un Corso elementare.

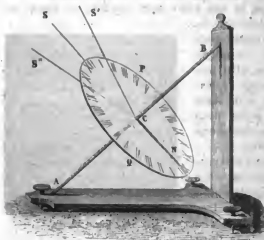



Fig. 23.

vero. Il tempo vero non è dunque uniforme; ma partecipa alla varietà, or ora dimostrata, del giorno solare.

4ª Ad eliminare questa anomalia, o questa incostanza nella durata dei giorni, gli Astronomi ànno imaginato un altro Sole, detto da essi *Sole fittizio*; il quale non scorra per l'eclittica, ma per l'equatore, e sia dotato di costante velocità, percorra cioè 59′, 13883 a giorno. Questo Sole, il quale non va soggetto a nessuna delle due cagioni che producono la incostanza del tempo vero, dee produrre un giorno di lunghezza media fra il più lungo ed il più breve di tempo vero. E però tal giorno e tempo è chiamato *medio*. Il giorno, di cui è stata data la lunghezza (**20.** II. 1°), è il medio.

5ª Il tempo vero è duplice. O si conta dall'*Ave Maria* (che suole sonarsi mezz'ora dopo il tramonto del Sole), e poi si dice *un'ora*, *due ore*,...; e finalmente si chiama *ora ventiquattresima* l'istante dell'*Ave Maria* seguente; e si à il così detto *tempo italiano*. Oppure si chiama 12 la mezzanotte, e dopo si principia a dire *una*, *due*,..., e nuovamente *dodici* a mezzogiorno; e poi si riprincipia da capo, distinguendo la prima dozzina di ore dalla seconda cogli epiteti di ore *antemeridiane*, e *pomeridiane*; e si à il *tempo francese*.

6ª Anche il tempo medio è duplice. In questo il computo si principia sempre a mezzodì. Ma o il giorno si distribuisce in due dozzine di ore, come il francese, e si chiama *tempo civile*; o si divide in 24 ore, dicendo, come fanno gli Astronomi, a mezzogiorno *zero ore*, a mezzanotte 12 e ad un'ora avanti a mezzogiorno 23; e si denomina *tempo astronomico*.

II. scolio. Il mezzogiorno medio coincida quasi col vero

S'intende già che la meridiana può farsi o col foro (come è stato detto sopra), od anche con un gnomone. Come pure facilmente si capisce, che nelle varie stagioni dell'anno il dischetto lucido oppure l'estremo dell'ombra gittata dal gnomone, si troverà più o meno lontano dalla verticale abbassata dal foro, o dal vertice del gnomone: perchè il Sole passerà a diversa distanza dallo zenit, secondo che percorrerà o l'uno o l'altro dei circoli paralleli all'equatore. Di maniera che, se il foro (come è quello di S. Maria degli Angeli o a Termini), od il gnomone (esempigrazia l'aguglia di S. Pietro) sarà molto alto, il dischetto lucido, o l'estremo dell'ombra segnerà assai distintamente anche i giorni del mese.

alla metà di Aprile, e di Giugno, e alla fine di Agosto. Alla metà di Febbraro quello precede questo di 14 minuti e mezzo: viceversa alla fine di Novembre il vero precede il medio di ben 16 minuti abbondanti.

22. Zodiaco e rotazione del Sole. Intorno al Sole, rimane a dire del suo moto di rotazione, dei segni pei quali trapassa nel corso dell'anno, e degli archi coi quali suole determinarsi la posizione sua.

I. DEFINIZIONI. 1ª S'imagina un circolo, che passi pei poli del Mondo e per un astro qualunque, di cui si vuole determinare la posizione in Cielo; e l'arco di questo circolo intercetto fra l'astro e l'equatore si denomina *arco di declinazione*.

2ª L'arco poi di equatore, racchiuso fra il punto equinoziale (**20.** I. 1ª) di Primavera e l'arco di declinazione, vien detto arco di *ascension retta*. Questo suol contarsi da occidente verso oriente.

3ª Occorrendo talora di riferire la posizione di un astro all'ecclittica, si finge un circolo che passi pei poli di essa, e per l'astro; e l'arco (di tal circolo), frapposto fra il centro dell'astro e l'eclittica, è chiamato *latitudine* dell'astro.

4ª L'arco di eclittica, racchiuso fra il punto equinoziale di Primavera e l'arco di latitudine, contato da occidente verso oriente, si domanda *longitudine*.

5ª Avendo gli antichi Astronomi verificato, che i pianeti (a loro noti) non uscivano mai al di qua e al di là dell'eclittica più di nove gradi in latitudine; imaginarono due circoli minori paralleli all'eclittica, racchiudenti una fascia larga 18° in latitudine e tagliata in mezzo dall'eclittica. E questa fascia chiamarono *zodiaco*.

II. SCOLII. 1° Il nome dello zodiaco fu tratto da ζώδιον, che vuol dire *animale*; perchè esso trapassa per costellazioni (**16.** II. 19ª), che sono denominate quasi tutte da altrettanti animali. Queste sono dodici e si chiamano *Ariete*, *Toro*, *Gemelli*, *Cancro*, *Leone*, *Vergine*, *Libra*, *Scorpione*, *Sagittario*, *Capricorno*, *Aquario* e *Pesci*.

2° È però che gli Astronomi fino da tempi remotissimi ànno diviso lo zodiaco in 12 parti di 30° l'una, e le ànno chiamate *segni* dello zodiaco; e questi ànno contraddistinti coi

nomi stessi delle 12 costellazioni. Si è convenuto di chiamare *Ariete* la divisione, che vien la prima contando dal punto equinoziale e procedendo da occidente verso oriente. *Toro* fu quindi il nome che dovea competere alla divisione o segno successivo, *Gemelli* al terzo segno, e così di seguito. Ed ecco che cosa significa *Sole in Ariete*, *Sole in Toro*, ecc. 1

3° Ma non dee credersi che ciascuna costellazione si trovi esattamente dentro l'omonimo segno. Dappoichè le costellazioni escono anche fuori dello zodiaco, estendendosi spesso ad una latitudine maggiore di 9°: ed inoltre i segni si estendono di 30° esatti per ciascuno, le costellazioni invece occupano quale minore, quale maggiore longitudine. Ma, anche senza ciò, è un fatto (di cui daremo spiegazione in altro luogo), che ogni costellazione è fuori del tutto dal segno, che porta il suo nome. Il segno di Ariete, per esempio, sta nella costellazione de' Pesci; invece tutto il segno del Toro si ritrova nella costellazione di Ariete.

III. PROPOSIZIONI. 1ª *Quando il Sole va più veloce, dista meno dalla Terra; e ne dista più, quando procede con minor velocità.*

Dimostrazione. Nell'Autunno e nell'Inverno, cioè allora quando la velocità del Sole è maggiore (**20.** II. 2ª); il disco solare apparisce più grande, che nella Primavera e nella Estate; nelle quali stagioni il Sole stesso è dotato di minor velocità. Si mostra minimo, cioè di **31′, 516** nel solstizio estivo; e giunge al suo massimo, vale a dire a **32′, 593** nel solstizio invernale. Da ciò si può dedurre, che quando il Sole va più veloce dista meno dalla Terra, e ne dista più, quando procede con minor velocità. Perocchè un corpo, che non può supporsi cangiare periodicamente di dimensione, ed il quale ciò non ostante appare quando più grande, e quando più piccolo, evidentemente talora è a noi più vicino, talora più lontano. Dunque il Sole nel solstizio invernale è alla mas-

1 A ricordare i nomi e l'ordine delle costellazioni zodiacali tornano opportuni i due esametri, che qui trascriviamo.
Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo.
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

sima vicinanza alla Terra, ed è invece alla massima distanza nel solstizio estivo.

2° *Il Sole è dotato di moto di rotazione intorno ad un suo asse, inclinato di 7° sull'eclittica; pel qual moto fa un giro sopra sè stesso, secondo l'ordine dei segni, ogni 25 giorni e mezzo circa.*

Dimostrazione. Galileo osservando pel primo il Sole col suo *occhiale* si avvide, che il disco solare era cosperso qua e là di punti oscuri più o meno estesi. Questi furono denominati *macchie solari*. Ma inoltre esso medesimo notò, che queste macchie si traslocano tutte insieme da occidente verso oriente. È vero che esse anche si alterano in sè medesime, perchè a lungo andare si mutano nelle loro dimensioni, e nella disposizione relativa; ciò non ostante il loro sfuggire (che è sempre verso oriente) accade in modo tanto regolare, che se ne è potuto concludere a tutto diritto essere il Sole dotato di un moto di rotazione, o di *vertigine*, come chiamano, intorno ad un suo asse, che si vede inclinato sull'eclittica di 7°. Contando con diligenza il tempo che trascorre, affinchè la stessa faccia solare (che si riconosce dalla medesimezza delle macchie), si presenti alla Terra; si è potuto stabilire che il Sole fa tutto un giro sopra sè stesso in 25 giorni, e 10 ore circa.

IV. ALTRE DEFINIZIONI. 1° Quando il Sole si mostra più vicino alla Terra è chiamato *perigeo*.

2° Il medesimo si denomina invece *apogeo*, quando giunge alla massima distanza dalla Terra medesima.

3° Vien detto *perigeo* anche il punto d'eclittica, nel quale il Sole si trova alla massima distanza dalla Terra.

4° Il punto opposto dell'eclittica stessa si denomina *apogeo*.

V. Esposte le cose più necessarie a sapersi sulle apparenze del Sole, possiamo passare a discorrere della Luna. Ma frattanto ci sia lecito aggiungere una osservazione. Se il Sole è sì bella e grande cosa, che gli idolatri (anche i più dotti) non ànno saputo resistere alla tentazione di averlo per Iddio; quale sarà la grandezza e la bellezza del Dio vero,

« Che per l'uom quella lampa in ciel ponea? »

SILVIO PELLICO.

ARTICOLO III.

LUNA.

23. Moto proprio della Luna. — Esordiremo la descrizione dei movimenti, che ci appariscono come proprii della Luna , dal dimostrare per parti la seguente tesi.

I. PROPOSIZIONE. *La Luna si mostra dotata di moto proprio, pel quale si vede percorrere in 27 giorni circa, da occidente verso oriente, un circolo inclinato di quasi 6° sull' ecclittica.*

1ª *La Luna si mostra dotata di moto suo proprio secondo l'ordine dei segni.* Imperocchè , sebbene essa si vegga sorgere ciascun giorno da oriente ed occultarsi quindi in occidente, ciò non ostante è assai manifesto che essa non segue la rivoluzione della sfera celeste in guisa, da potersi suppor fissa su questa, come una stella. Infatti essa, come tutti sanno, passa quando molto e quando poco distante da zenit, ed ogni giorno rinasce un tre quarti d' ora circa più tardi. La Luna è dunque dotata di moto proprio. E poichè compie la sua rivoluzione sempre più tardi della sfera stellata, questo suo moto è in opposizione a quello della sfera, cioè si eseguisce da occidente verso oriente.

2ª *La Luna percorre in 27 giorni circa un circolo massimo , inclinato di quasi 6° sull' eclittica.* Ad assicurarcene s'imprenda ad esaminare il moto della Luna allora, quando essa nasce in prossimità di est con una qualche stella, che servirà di confronto. In quella occasione percorrerà in Cielo pressappoco l'equatore; ma la sera seguente nascerà ben tre quarti d'ora dopo la stella , ed in un punto più vicino a nord del punto est; scorrerà per un arco più alto sull'orizzonte, e si occulterà all'azimutto simmetrico, ossia più vicino a norte che a sud. Dopo tre altri giorni si leverà tre ore dopo la stella, in un punto ancor più distante da est, farà un arco più sollevato sull'orizzonte , e si nasconderà nel sito corrispondente. Dopo sette giorni dalla prima osservazione, apparirà sull'orizzonte sei ore dopo la stella, ed in un punto ancor più vicino a norte; e sollevandosi molto in Cielo, percorrerà

un arco distante 28 gradi dallo zenit, e si tufferà sotto l'orizzonte in un punto più vicino a nord che a sud. Passati dieci giorni dopo la prima osservazione, tardando ancor più, cioè 9 ore dopo la stella, si alzerà men prossima a nort, farà un arco meno alto, e tramonterà in un punto ugualmente men prossimo a norte della volta antecedente. Quattordici giorni posteriormente alla prima osservazione la Luna nascerà quando tramonta la stella di confronto, descriverà a un di presso la semiperiferia dell'equatore, e si occulterà quasi ad ovest. Quando saranno trascorsi altri tre giorni, la Luna comparirà 15 ore dopo la stella, da un punto più vicino a sud che a nord; e, percorso un arco minore di 180° e lontano dallo zenit più dell'antecedente, andrà a scomparire in ugual modo più vicino a sud che a norte. Al vigesimo giorno tarderà 18 ore, nascerà circa 62° distante da sud, farà un arco molto basso, e si occulterà nel punto corrispondente. Quattro altri giorni appresso tarderà 21 ore, ma si leverà da un punto men prossimo a sud, compirà un arco meno basso, e tramonterà al punto simmetrico. Finalmente dopo 27 giorni circa nascerà in est, 24 ore dopo, cioè insieme colla stella, passerà per la semiperiferia dell' equatore, e tramonterà in ovest. Di qui innanzi si ripeterà sempre il fatto medesimo.

3ª *La Luna pel moto suo proprio percorre un circolo massimo*. Dacchè, se tutti i punti di Cielo occupati dalla Luna al suo nascere, si congiungano con altrettante linee rette, si ottiene un poligono; il quale, con aumentare il numero delle osservazioni, costerà di un sempre maggior numero di lati, ed in fine si confonderà colla circonferenza di un circolo. Questo circolo, poichè può passare pei punti est ed ovest, e taglia l'ecclittica in due punti diametralmente opposti, ossia in due metà, dee dirsi massimo.

4ª *Il circolo percorso dalla Luna è inclinato a un di presso di cinque gradi sull' eclittica, ed è compiuto in 27 giorni circa*. Infatti la Luna si allontana al di qua, e al di là dell'equatore di ben 28°, 36′, 48″. Ne conseguita evidentemente, che il circolo da essa percorso è inclinato all'eclittica di 5°, 8′, 48″. E siccome, trascorsi che siano 27ᵈ, 7ʰ, 43ᵐ, 11ˢ, 5, la Luna si riporta sul medesimo punto di sfera

celeste, così è manifesto che essa, pel moto suo proprio, compie l'intero suo circolo in circa 27 giorni.

II. LEGGI. Ma la Luna, oltre che è dotata di moto proprio, ubbidisce eziandio a varie altre leggi; le quali aggiungeremo qui appresso.

1ª *La Luna pel suo moto proprio una volta è apogea, ed una perigea.* Conciossiachè, misurando per 27 giorni consecutivi la grandezza del disco lunare, si conosce che, quando la Luna compie una metà del suo circolo, questo disco è più grande, che quando compie l'altra metà del circolo medesimo. Anzi in un certo punto questo disco stesso supera 33 minuti (essendo 33′, 3″, 07); nel sito diametralmente opposto, è meno di 30′ (perchè vale esattamente 29′, 21″, 91): e nel passare da uno all'altro di questi estremi trapassa per tutte le dimensioni intermedie a queste. Dunque o la Luna cangia periodicamente in sè medesima di volume, e quando si rigonfia, quando si contrae; oppure talora è più lontana, e talora è più vicina. La prima ipotesi non è verosimile: resta dunque vera la seconda.

2ª *La Luna è dotata di maggior velocità, quando è perigea, che quando è apogea.* Dacchè, misurando con qualche esattezza l'arco percorso pel moto suo proprio dalla Luna in ciascun giorno, si vede chiaramente, che di essa si verifica una cosa analoga a quella, la quale fu dimostrata pel Sole. Che cioè quanto la Luna è più vicina alla Terra, tanto è più veloce il suo moto; all'incontro tanto questo è men veloce, quanto essa medesima dista maggiormente dalla Terra.

3ª *Il circolo massimo di sfera stellata, percorso apparentemente dalla Luna, muta sempre posizione sullo zodiaco.* Infatti è dimostrato da mille osservazioni, che i punti, nei quali questo circolo taglia l'eclittica, scorrono per tutta la circonferenza di questa da oriente verso occidente, ossia contro l'ordine dei segni; in guisa da compire ogni giorno in media 3′,10″,64, e tutta la circonferenza in giorni 6793,39, ossia in circa 18 anni e sei decimi.

4ª *La Luna, intanto che pel moto suo proprio fa un giro intero, compie anche con moto uniforme un' intera rotazione intorno a sè stessa.* Imperocchè non solamente il Sole, ma

anche la Luna à sul suo disco apparente quì e colà dei punti o porzioncelle oscure dette, come quelle del Sole, *macchie*. Qualunque sia la cagione di tal fenomeno, è certo che queste macchie lunari, a differenza di quelle del Sole, conservano stabilmente la particolar loro figura e la rispettiva distanza fra loro. Ora dalla Terra vedendosi sempre le stesse macchie, o ciò che è lo stesso, rivolgendo la Luna sempre la medesima faccia alla Terra; convien dire che la Luna stessa ruoti incessantemente intorno ad un suo asse, nel tempo stesso che compie l'intero suo circolo. In quella guisa che uno, il quale faccia un giro intorno all'obelisco di Piazza del Popolo, rivolgendo costantemente la faccia verso la guglia medesima, dee dirsi che ruota intorno a sè stesso nel tempo che compie un intero giro; con ugual diritto dee dirsi, che la Luna (la quale compie il suo giro mostrando alla Terra sempre la medesima faccia) fa contemporaneamente una rotazione intorno a sè stessa. E di vero chi sulla detta Piazza guarda successivamente prima la Via del Corso, poi il gruppo colossale di Roma, poscia la Porta del Popolo, quindi la grande statua di Nettuno, e finalmente un'altra volta il Corso, ruota certamente intorno a sè medesimo. Ora chi girasse intorno intorno alla guglia, volgendo sempre ad essa la faccia, farebbe appunto così. Dunque dal fatto simile della Luna dee dedursi il moto suo di rotazione; e il sincronismo di questo con quello di traslazione intorno alla sfera stellata per lo zodiaco. Risulta poi dalle più accurate osservazioni, che questo moto di vertigine si fa con velocità costante, ossia è uniforme.

5ª *L'asse della rotazione lunare è inclinato sull'eclittica di circa un grado e mezzo*; *ed è costantemente parallelo a sè stesso*. Dacchè, questa rotazione lunare si fa parallelamente ad un piano inclinato sull'eclittica di un grado e mezzo abbondante, o più esattamente di 1°, 30′, 11. Di altrettanto dunque l'asse, intorno a cui ruota la Luna, è inclinato alla retta, che congiunge i poli dell'eclittica. E poichè, nel passare che fa la Luna di uno in altro sito pel moto suo proprio, quest'asse si dirige costantemente verso la stessa parte di Cielo; dee dirsi che l'asse lunare, intorno a cui si compie la rotazione, si man-

tiene (in tutti i siti del circolo percorso dalla Luna) *a un di presso costantemente* parallelo a sè stesso.

III. COROLLARIO. Dalle cose qui sopra avvertite discende, che, a parlare a rigore, noi non vediamo sempre esattamente la medesima faccia della Luna; ma invece ci dee sembrare che il disco lunare oscilli leggermente, e venga lentamente barcollando o quasi si libri sopra sè medesimo. Infatti, la medesimezza del disco apparente della Luna è legata al perfetto isocronismo della sua rotazione colla rivoluzione del suo moto proprio; ora quella, come sappiamo, è uniforme (II. 4ª), e questa no (II. 2ª). Ne conseguita che la linea, che congiunge il centro della Terra con quello della Luna, taglia sulla superficie di questa un punto, che devìa alquanto all'est o all'ovest della sua posizione media. Inoltre, siccome l'asse della Luna non è perpendicolare sul piano dell'ecclittica, ma intanto va parallelo a sè stesso; così è chiaro che debba mostrarsi alla Terra ora una porzione del disco lunare più vicina ad un suo polo, ed ora la porzione opposta. Finalmente, se la Luna offre sempre la medesima faccia al centro della Terra, non può dalla superficie terrestre vedersi, durante il suo corso diurno, sempre esattamente il disco medesimo. Perchè al suo nascere e tramontare, l'osservatore le resta, direi quasi, un poco sopra, al suo passare invece al meridiano, l'osservatore la vede di sotto in su.

IV. DEFINIZIONI. Stabiliti tutti questi fatti, è opportuno annunciare i nomi che sono stati adottati ad indicarli con brevità.

1ª Il circolo di sfera celeste, cui sembra percorrere la Luna pel moto suo proprio, è detto *orbita lunare apparente*.

2ª I due punti dell'orbita lunare, che si trovano uno alla massima, l'altro alla minima distanza dalla Terra, sono chiamati rispettivamente *apogeo*, e *perigeo*.

3ª La linea che li congiunge si denomina *linea degli absidi*.

4ª I punti, nei quali l'orbita apparente della Luna taglia in due parti uguali l'ecclittica, vengon chiamati *nodi*: *ascendente* quello, cui trapassato, la Luna si innalza ed ascende a percorrere i circoli più sollevati sull'orizzonte, *discendente* l'altro.

5ª Sappiamo (II. 3ª), che i nodi scorrono lunghesso l'eclittica. Ebbene: questo moto à nome *retrogradazione dei nodi*.

6ª Il moto della Luna per l'orbita sua apparente vien detto *rivoluzione periodica*.

7ª Il fenomeno descritto nell'antecedente corollario, pel quale la Luna sembra barcollare e quasi equilibrarsi in Cielo, corre sotto il nome di *librazione*.

8ª Poichè, come abbiam veduto, la librazione è di tre specie diverse, così la prima è detta *longitudinale*, la seconda *latitudinale*, *diurna* la terza [1].

---

1 A render più chiara la distinzione delle tre librazioni lunari si aggiungono le seguenti dichiarazioni.

1ª Noi sappiamo che l'orbita lunare non è percorsa con moto uniforme; ma una metà di essa orbita è percorsa con maggior velocità, ed una con minore. D'altra parte sappiamo ancora, che la rotazione lunare è fatta con velocità costante. Questa disparità fra i due movimenti è la cagione della librazione *longitudinale*. Ad intendere questa cosa principiamo dal considerare (fig. 24.) quella faccia ($a'b'$), cui la Luna (L') mostra alla Terra (T) quando essa è dotata di velocità media, e quel suo diametro ($a'b'$) che in quella occasione combacia colla porzione ($a'b'$) dell'orbita lunare. Certamente, nel percorrere che fa la Luna quella metà (L' L'' L''') di orbita, nella quale la sua velocità è maggiore, essa arriverà al mezzo (in L'') di questo suo corso, prima che il sopraddetto diametro ($a''b''$) siasi ravvolto tanto (pel moto di vertigine) da combaciare colla porzione ($m''n''$) di orbita. E però ivi la Luna ci mostrerà dalla parte occidentale una nuova porzione ($b''n''$) di faccia che prima non vedevamo, e ce ne occulterà una porzione uguale ($a''m''$) che prima vedevamo nella parte orientale. E compiuta che essa abbia questa metà di orbita (giunta cioè in L'''), di nuovo il diametro sopra determinato combacierà con una porzione ($a'''b'''$) dell'orbita. Dopo ciò la Luna percorre quell'altra metà (L''' L L') di orbita, nella quale è dotata della minima velocità; e perviene (in L) nel mezzo (della detta metà), quando per la rotazione si è ravvolta più di un quadrante. Per la qual cosa il solito diametro (ab), non combacierà ivi coll'orbita (nm); anzi resterà

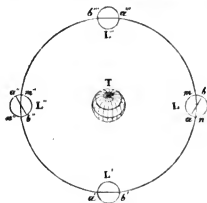



Fig. 24.

24. Rivoluzione sinodica della Luna. — Il moto della Luna si confronta anche con quello del Sole; e si adottano varie altre denominazioni ad esporre con brevità le leggi, che risultano da tal confronto.

I. DEFINIZIONI. 1ª S'imaginino due piani, i quali passino per i poli dell'eclittica; e di più si finga che uno di essi trapassi pel centro del Sole, e l'altro per quello della Luna. Li chiameremo *circoli di latitudine*, *solare* il primo, ed il secondo *lunare*.

2ª Quando la Luna si trova in tal posizione rispetto al Sole, che i piani di questi due circoli si confondono in uno, si dice che accadono le *sizigie*.

3ª Se il Sole e la Luna nel tempo delle sizigie si trovano dalla stessa parte di Cielo, dicesi accadere la *sizigia di congiunzione*, o la *congiunzione* senz'altro.

in prospetto alla Terra (T) una nuova porzione (*an*) di faccia lunare dal lato di oriente, e se ne occulterà dalla parte occidentale una porzione (*bm*) corrispondente. In seguito si ripeterà sempre mai il medesimo fenomeno; e però la Luna sembrerà librarsi continuamente nel senso dell'eclittica, cioè nel senso delle longitudini.

2ª Poichè (fig. 25.) l'asse (*ab*) intorno a cui si ravvolge la Luna (L) è inclinato sul piano dell'orbita, e si mantiene sempre parallelo a sè stesso; è chiaro che quando la Luna sta in un dato punto (L) dell'orbita sua, ad uno osservatore collocato sulla Terra (T), riuscirà visibile un poco più del suo emisfero superiore (*a*) che dell'inferiore (*b*). Viceversa, stando la Luna nel punto (L'') diametralmente opposto, sarà visibile alla Terra maggior parte dell'emisfero (*b''*) inferiore, che del superiore (*a''*). E così il pianeta sembrerà oscillare di alto in basso, cioè nel senso perpendicolare all'ecclittica; che dicesi *latitudinale*, perchè è quello, appunto delle latitudini.

Fig. 25.

3ª La porzione di Luna visibile, quando essa potesse essere riguardata dal centro della Terra, non è identica a quella, che rimane di prospetto a chi la riguarda dalla superficie terrestre; meno il caso, in cui

4ª Nel tempo stesso delle sizigie, se il Sole resta da una parte di Cielo, e la Luna dall'altra, suol dirsi che questa sta in *opposizione*, o nella *sizigia* di *opposizione*.

5ª Nei due tempi intermedii deve avvenire, che i detti piani sieno ortogonali fra loro. Allora la Luna è detta trovarsi nelle *quadrature*.

6ª Il moto della Luna, considerato da una congiunzione all'altra, vien chiamato *rivoluzione sinodica*.

7ª Quando la Luna si ritrova in congiunzione apparisce oscura, e nei giorni successivi principia a mostrarsi prima come un filetto semicircolare lucido, e poi come una falce luminosa sempre più larga. Insomma succede ciò che acca-

la Luna passi per lo zenit. Perciocchè, passando successivamente la Luna (fig. 26.) di uno (L) in altro (L', L'') sito del circolo percorso da lei pel moto diurno della sfera, è chiaro che quando essa al suo nascere (in L) e tramontare (in L'') si ritrova all'orizzonte, la faccia (*ab*, *a''b''*) visibile dalla superficie terrestre è ben differente da quella (*mn*, *m''n''*) posta incontro al centro (C) della Terra. Mentre la prima è determinata dal circolo massimo lunare (*ab*, *a''b''*) perpendicolare alla retta (OL, OL''), che congiunge l'occhio (O) dell'osservatore col centro della Luna; l'altra faccia è quella che rimane davanti al circolo parimente massimo della sfera lunare (*mn*, *m''n''*), ma perpendicolare alla retta congiungente i centri dei due globi, lunare e terrestre. Anzi quando la Luna è all'oriente (L) mostrerà all'osservatore (O) collocato sulla superficie terrestre una porzione (*am*) che rimane verso un polo lunare; quando invece la Luna è al tramonto, (L'') mostrerà all'osservatore stesso (O) una porzione (*b''m''*) che rimane verso l' altro polo lunare. Stando poi la Luna allo zenit (L') o almeno non molto remota da esso (il che avviene quando è a metà del suo corso visibile) saranno identiche o poco differenti le due sue faccie (*a'b'*) limitate dai due circoli massimi perpendicolari uno alla retta, che congiunge i centri dei due corpi (L',C), l'altro a quella(L'O) che congiunge il centro suo coll'occhio dell'osservatore. Durante dunque il moto diurno della Luna, questa darà l'apparenza di una oscillazione; la quale merita appunto il nome di *librazione diurna*.

Fig. 26.

drebbe, se in ogni congiunzione nascesse un'altra Luna diversa dall'antecedente: ed è però, che allora si dice avvenire il *novilunio*, o la *neomenia*, o anche la *Luna nuova*.

8ª Tutto il periodo di tempo intercetto fra novilunio e novilunio viene denominato anche una *lunazione*; e la Luna stessa, durante una lunazione, s'intitola dal nome del mese, in cui è accaduto il novilunio; dicendosi *Luna di Marzo* quella che apparisce, forse in Aprile, dopo il novilunio che successe in Marzo.

9ª Alla prima quadratura, dopo il novilunio, la Luna si mostra sotto forma di un menisco lucido colla convessità rivolta ad occidente; e allora suol dirsi che avviene *il primo quarto di Luna*.

10ª Alla opposizione la Luna ci apparisce come un intero disco splendente. Allora si dice succedere il *plenilunio* o la *Luna piena*.

11ª Nella quadratura, che viene appresso al plenilunio, la Luna sembra un menisco lucido rivolgente la convessità verso oriente. E allora suol dirsi che avviene l'*ultimo quarto*.

12ª Questi cangiamenti di figura, che periodicamente mostra la Luna durante la sua rivoluzione sinodica, sono chiamati *fasi lunari*.

13ª Tanto il Sole che la Luna talora sembra che vengano in breve tempo ad oscurarsi, e dopo non molto tornano a risplendere come prima. Questo fenomeno, (che, come vedremo quando ne daremo la spiegazione, è connesso colla rivoluzione sinodica lunare) à nome *eclissi*, dal greco ἔκλειψις che significa difetto o mancamento.

14ª Gli eclissi sono denominati o *solari* o *lunari*; secondo che si ottenebra il disco o del Sole o della Luna.

15ª Siccome poi l'astro si mostra oscurato o in tutta l'ampiezza del suo disco visibile, o in parte solamente; così gli eclissi si differenziano in *totali* e *parziali*.

16ª Fra gli eclissi solari parziali ve n'è uno, che si domanda *anulare*, ed è quello, per cui il disco del Sole si vede ridotto ad un semplice anello lucido.

17ª Ogni ecclissi o totale o parziale, per la quale avvenga che in un dato istante il centro della macchia coincida col

centro del pianeta, è chiamata *centrale*: ogni altra viene detta *eccentrica*.

II. SCOLII. 1° Per la cospirazione del moto proprio della Luna con quello, parimenti proprio, del Sole, la rivoluzione sinodica dee essere più lunga della periodica. Or sappiasi essersi dimostrato dal fatto che questa è uguale a 29^d, 12^h, 44^m, 2^s, 87.

2° A misurare la maggiore o minore estensione oscurata del disco vuoi solare, vuoi lunare, il disco apparente dell'astro si suppone diviso in dodici zone uguali e parallele, che chiamansi *digiti*; e secondo il numero maggiore o minore di tali porzioni dodicesime, che veggonsi ottenebrate, si dice l'eclisse essere di tanti digiti.

3° Si avverta che nell'eclisse anulare prima si vede il Sole oscurarsi da una parte, poi a mano a mano la macchia nera viene addentrandosi sempre più, finchè la macchia stessa si colloca nel bel mezzo del disco solare, e allora questo apparisce sotto forma di anello: ma dopo, la macchia va innanzi ed esce dalla parte opposta a un di presso a quella per cui entrò.

4° La Luna procura al nostro globo grandi vantaggi. Non è questo il luogo di spiegare come essa influisca potentemente a tenere in continua agitazione le acque dei mari, e la nostra atmosfera; e quanto grandi utilità derivino da ciò. Ma certamente conosciamo abbastanza che, mandando ella alla Terra per sè sola più luce che tutti insieme gli altri pianeti e le stelle medesime, non solo ci offre un gradito spettacolo quando tutta intorno tace la natura, ma dirada eziandio assai utilmente le tenebre della notte. Quanto più attentamente io contemplo il Cielo, tanto maggiormente mi riempie di ammirazione e di gratitudine la bontà del mio Dio.

ARTICOLO IV.

PIANETI E COMETE.

25. Novero dei Pianeti. Esaurito ciò che v'à di più necessario a sapersi intorno al Sole ed alla Luna, resta che si dica pur qualche cosa degli altri pianeti (**16.** II. 18^a). Dei

quali esordiremo il discorso coll' esporre i loro caratteri distintivi, e le varie classi, nelle quali vengono distribuiti: il che faremo definendo i nomi che sono stati imposti sì a queste classi, come a loro medesimi.

I. DEFINIZIONI. 1ª Il Sole si vede preceduto al suo nascere e seguito al tramonto da due pianeti; i quali non si dilungano mai più di circa mezzo quadrante da lui. Uno di questi è di minor dimensione (cioè di 8″ circa in diametro), sembra ravvolto in una densa atmosfera, rimane sempre più prossimo al Sole dell' altro; e in termine di tre mesi riacquista la stessa longitudine. Si domanda *Mercurio*.

2ª L' altro più grande, circondato da un' atmosfera men densa, è quell' astro assai splendido; il quale si vede da tutti talora precorrere la levata del Sole, e talora andargli appresso quando tramonta, discostandosene alcune volte poco più di un mezzo quadrante, e riportandosi alla stessa longitudine ogni nove mesi. Esso viene chiamato *Venere*: ed è quello stesso che ebbe già nome *Espero*, quando restava sull' orizzonte dopo la calata del Sole, e di *Lucifero*, quando ne precedeva la nascita.

3ª Questi due pianeti dagli antichi furono creduti, a differenza di tutti gli altri, più del Sole vicini alla Terra; e però furono detti *inferiori*: e gli altri furono denominati *superiori*.

4ª Scorre tutto intorno per lo zodiaco un grande pianeta (di quasi 40″ di diametro), il quale manda una luce assai candida; ma si mostra fasciato, nel senso quasi dell' eclittica, da zone alternamente più o meno chiare; e compie tutto il giro del Cielo in dodici anni. Esso è denominato *Giove*.

5ª Un altro corpo celeste di colore azzurrognolo, in grandezza minore della metà del precedente (cioè di 16″ in diametro) scorre lentamente per lo zodiaco, compiendo l'orbita sua in pressochè trent' anni. Questo si noma *Saturno*, e si distingue da ogni altro assai agevolmente per una proprietà tutta sua; la quale consiste in ciò, che, veduto con un buon cannocchiale, si mostra racchiuso dentro un anello lucido, sensibilmente (cioè di 28°, 6) inclinato sull' eclittica. Anche questo pianeta à le sue fascie chiaroscure, analoghe a quelle di Giove, e parallele quasi al piano dell' anello.

6° Men grande degli ultimi due (cioè di 10″ in media di diametro), e più veloce di essi, perchè compie l'orbita in men di due anni, è un pianeta di color rossastro, il quale si mostra ora rotondo ed ora ovale, ed è sparso di grandi regioni più oscure, come se fosse ricoperto di mari e continenti. Il suo nome è *Marte*.

7° Herschel nel 1781 scoprì un piccolo pianeta (del diametro di circa 4″) il quale si trasloca per lo zodiaco con lentezza assai maggiore di quella di Saturno; mentre impiega ben 84 anni a riporsi alla stessa latitudine. Questo dapprima ricevè il nome dello scopritore; ma poi, per non derogare alla legge (che avea prevalso fino allora) di nominare i pianeti da un Dio de' gentili, fu denominato *Urano*.

8° Il primo di Gennaro del 1801 Piazzi scoperse un piccolo pianeta, il quale (come presto si dimostrò) compie, in quattro anni a un di presso, il suo giro in un piano inclinato di 10 gradi e mezzo sull' eclittica. Gli fu assegnato il nome di *Cerere*.

9° Nel 1802 Holbers ritrovò un altro simile pianetino, il quale compie, parimente in quattro anni, un'orbita inclinata di ben 34° e mezzo sul piano dell' eclittica. Ebbe nome *Pallade*.

10° Harding nel 1804 vide un altro piccolo pianeta, analogo in tutto ai due precedenti, fare il giro del Cielo in quasi cinque anni ed in un piano inclinato all'eclittica di 13° e più. Al quale venne imposto il nome di *Giunone*.

11° Dal sopranominato Holbers nel 1807 fu osservato un altro pianeta simile ai tre precedenti; il quale in poco meno di quattro anni esaurisce un'orbita inclinata soli 7° all' eclittica. A questo fu assegnato il nome di *Vesta*.

12° Nel 1846 fu veduto da Gall un pianeta, (di quasi 3″ in diametro) il quale impiega ben 168 anni a compire l'orbita sua; ed à ricevuto la denominazione di *Nettuno* [1].

1 La scoperta di questo pianeta rimarrà la più memorabile nella storia dell'Astronomia. Dappoichè è stato ritrovato in un modo singolarissimo e tutto nuovo. Fu Le Verrier, attualmente professore a Parigi, il quale, con una avvedutezza ed esattezza di calcolo sorprendentissima, seppe dedurre dalla teoria newtoniana dell' attrazione universale l'esistenza di

13ª Dall' anno 1845 in poi si sono venuti scoprendo molti altri pianetini piccoli pressappoco come Cerere, Pallade, Giunone, e Vesta, come questi a un di presso veloci, e percorrenti un' orbita che, per molti di loro, esce dallo zodiaco. A ciascuno di essi si viene assegnando un nome femminino, che, per la maggior parte di loro è il nome proprio di qualche Deessa mitologica, e tutti insieme (questi pianeti femminilmente nominati) ricevono l'appellazione comune di *asteroidi*, *ultrazodiacali*, ed anche di *planetoidi*, e di *pianeti telescopici*; sebbene il primo nome sia stato talora dato a certe stelle, che noi chiamiamo *cadenti*, e quest' ultimo starebbe meglio a quelli fra essi, che escono dallo zodiaco. Alla fine dell' anno scorso (1862) i planetoidi si sommavano a ben 77.

14ª Tanto i primi due (1ª, 2ª,) pianeti inferiori, quanto tutti gli altri superiori definiti fin qui si dicono anche *pianeti primarii*.

15ª Galileo s'accorse che Giove viene indefessamente accompagnato nel suo viaggio celeste da quattro piccoli pianeti, i quali, andando ora innanzi ed ora dopo di lui, e non dilungandosene mai che di pochi gradi, sembrano continuamente corteggiarlo. Dapprima questi fur detti *pianeti medicei* in onore del Duca di Toscana, a cui Galilei volle dedicarli; e poi si chiamarono *satelliti di Giove*.

16ª Più tardi si scoperse che anche Saturno à i suoi satelliti, e sono in numero di otto: che Urano ne à certamente quattro, e forse sei: e che Nettuno finalmente ne à uno. Tutti i satelliti vengono anche sotto il nome di pianeti *secondarii*: e fra essi quello, che s'allontana meno dal primario, si dice *primo*; *secondo* quello, che se ne dilunga un poco di più; e via dicendo.

II. Sinossi. I pianeti son dunque altri *primarii* ed altri *secondarii* o *satelliti*. I satelliti sono *diciannove*: *quattro* ne à Giove, *otto* Saturno, Urano *sei*, ed *uno* Nettuno. I pianeti

un pianeta al di là di tutti gli altri, ed invitò con insistenza e perseveranza gli increduli Astronomi a verificare la sua deduzione, col rivolgere il loro sguardo colà, ove di fatto il pianeta fu rinvenuto.

primarii si distribuiscono in due classi: *inferiori*, e sono *due*, cioè Mercurio e Venere; e *superiori*, che sono tutti gli altri. Fra i pianeti apparentemente primarii soli *sette*, vale a dire Sole, Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, e Saturno, furono cogniti agli antichi. Dei pianeti superiori *cinque*, cioè Marte, Giove, Saturno, Urano, Nettuno, sogliono considerarsi e nominarsi isolatamente; e gli altri *settantasette*, che sono stati scoperti nel secolo presente coll'aiuto del telescopio, ed i quali sono d'assai somiglianti fra loro, vuoi per la piccolezza del disco, vuoi per la lunghezza della loro rivoluzione (che supera quella di Marte, ma è molto inferiore a quella di Giove), formano come una famiglia a parte sotto l'appellazione comune di *planetoidi* od *asteroidi*; e sembra che potranno crescere ancora in numero [1].

[1] Ecco il catalogo dei planetoidi rinvenuti prima dell'anno corrente. Li distribuiremo nell'ordine cronologico della scoperta, premettendo loro il numero di quest'ordine; il qual numero, quando venga rinchiuso in un cerchietto, è anche il simbolo adottato per rappresentarli.

1 Cerere. 2 Pallade. 3 Giunone. 4 Vesta. 5 Astrea. 6 Ebe. 7 Iride. 8 Flora. 9 Meti. 10 Igea. 11 Partenope. 12 Vittoria. 13 Egeria. 14 Irene. 15 Eunomia. 16 Psiche. 17 Teti. 18 Melpomene. 19 Fortuna. 20 Massalia. 21 Lutezia. 22 Calliope. 23 Talia. 24 Focea. 25 Temi. 26 Proserpina. 27 Euterpe. 28 Bellona. 29 Amfitrite. 30 Urania. 31 Eufrosina. 32 Pomona. 33 Polimnia. 34 Circe. 35 Leucotea. 36 Atalanta. 37 Fede. 38 Leda. 39 Letizia. 40 Armonia. 41 Dafne. 42 Iside. 43 Arianna. 44 Nisa. 45 Eugenia. 46 Estia. 47 Aglaia. 48 Dori. 49 Pale. 50 Virginia. 51 Namausa. 52 Europa. 53 Calipso. 54 Alessandra. 55 Pandora. 56 Pseudodafne. 57 Mnemosina. 58 Concordia. 59 Olimpia. 60 Titania. 61 Danae. 62 Erato. 63 Ausonia. 64 Angelina. 65 Massimiliana. 66 Maia. 67 Asia. 68 Leto. 69 Esperia. 70 Panopea. 71 Niobe. 72 Feronia. 73 Clitia. 74 Galatea. 75 *Anonimo*, scoperta da Peters il 22 Settembre 1862. 76 Freia, trovato da Cervest a Copenaghen il 14 Novembre passato. 77 *Anonimo*, veduto dallo stesso Peters nel Novembre medesimo.

Già abbiamo detto che i primi quattro furono ritrovati dal 1801 al 1807. Ora aggiungiamo, che il quinto fu ritrovato nel 1845, che gli altri tre furono veduti nel 47, il nono nel 49; i tre che vengono appresso nel 50; dal 1851 a tutto il 60 ne sono stati scoperti ben cinquanta; e quindici dal 61 fino a tutto l'anno passato.

Fra questi, ventidue sono veri ultrazodiacali, cioè: Pallade, Eufrosina, Niobe, Focea, Atalanta, Danae, Egeria, Mnemosina, Dafne, Ebe, Calliope, Giunone, Alessandra, Eunomia, Panopea, Cerere, Talia, Mel-

III. scolii. 1° Si avverta che i pianeti inferiori ed i satelliti, quando giungono alla massima distanza quelli dal Sole, questi dal loro primario, sembrano soffermarsi alquanto; cioè compiono il loro circolo diurno contemporaneamente alla sfera stellata, e rinascono nel medesimo punto di Cielo.

2° I pianeti inferiori non si trovano mai in una parte di Cielo opposta a quella occupata dal Sole, e però a mezzanotte non istanno mai sull' orizzonte.

3° Si noti che Galileo fu il primo ad accorgersi di quell'appendice che forma la particolarità di Saturno; ma a lui sembrò che quest'astro avesse ai lati due corpi addizionali, o anse: e non fu che più tardi, quando cioè fu perfezionato il cannocchiale, che si conobbe questa appendice essere un sottil corpo anulare staccato dal pianeta. Più tardi ancora da Herschel si avvertì che questo anello è diviso in due, collocati nel piano stesso e separati si fra loro, come dal corpo del pianeta. Anzi adesso si sa che ognuno dei due è ancora suddiviso in più altri, e che i due circoli concentrici, nei quali questa quasi piatta armilla è terminata internamente ed esternamente, sono distanti uno dall'altro di circa 15''. Inoltre Dawes e Lassel in Inghilterra, non che Bond in America ànno osservato per i primi, che fra questa armilla e il corpo del pianeta v' à un terzo anello quasi nebuloso, di colore cenerino volgente alcune volte al rossigno. E finalmente al presente si conosce ancora che la superficie degli anelli non è perfettamente piana, ma leggermente convessa.

26. Rivoluzione sinodica de' pianeti. — Compiuta la enumerazione e la classificazione dei pianeti, passiamo ad esporre i fenomeni che ci si offrono nella loro rivoluzione riferita alla posizione del Sole. Ma prima prepariamone il discorso con alcune definizioni nominali.

I. definizioni. 1ª Abbiamo veduto che i pianeti inferiori ed i satelliti ora precedono, ed ora seguono quelli il Sole e questi il loro primario. Ciò equivale a dire che tali pianeti

pomene, Letizia, Nemausa, Bellona, Irene. Si avverta che, in quest'ultima lista, i nomi dei pianeti sono disposti in ordine alla obliquità della loro orbita; in guisa che il primo è quello che esce dallo zodiaco più di tutti gli altri, e l'ultimo appena se ne discosta alquanto.

corrono pel Cielo quando secondo l'ordine dei segni, ossia da occidente verso oriente, e quando contro l'ordine medesimo, cioè da levante a ponente. Or bene: in questo secondo caso i pianeti sono chiamati *retrògradi*; e *retrògrado* è detto il movimento loro; nel primo caso invece quel movimento chiamasi *diretto*.

2ª Poichè i medesimi pianeti, prima di passare dal moto diretto al retrògrado, e viceversa, sembrano (**25**. III. 1ª) soffermarsi alquanto; così in questo caso sono denominati *stazionarii*, e la loro fermata si domanda *stazione*.

3ª Suol dirsi che un pianeta è all'*afelio*, o al *perielio*, secondo che si trova nel punto della sua orbita o il più o il meno distante dal Sole.

4ª Ogni pianeta talora può ritrovarsi nel medesimo circolo di latitudine, per cui trapassa nel tempo stesso il Sole. Allora si dice che accade la *congiunzione*, purchè inoltre il pianeta stia col Sole dalla stessa parte di Cielo: si dice poi accadere l'opposizione, se in quel caso il pianeta si ritrova nella parte opposta a quella del Sole.

5ª Se i pianeti inferiori non si trovano mai, come abbiamo detto (**25**. III. 2ª), in opposizione, anno invece due congiunzioni. Or queste sono diverse; poichè in una distano meno dalla Terra, nell'altra distano più. Perciò questa si chiama congiunzione *superiore*, ed *inferiore* si dice quella.

6ª Il moto del pianeta considerato in relazione alla posizione del Sole vien detto *rivoluzione sinòdica*: confrontato poi alla posizione delle stelle si denomina *rivoluzione periodica*.

7ª Poichè accade che i pianeti inferiori dopo la congiunzione si vengono a mano a mano sempre più allontanando o da una parte o dall'altra del Sole, per poi ritornare ad avvicinarglisi, e ripassare per la congiunzione; così si è adottato il nome di *elongazione massima* per indicare quella distanza dal Sole, a cui perviene il pianeta inferiore quando, cessando di allontanarsi dal medesimo, rimane stazionario ed è sul punto di ritornare indietro.

II. PROPOSIZIONI. 1ª *Tutti i pianeti ora, aumentando dapprima la loro velocità e poi diminuendola, si avanzano, cioè procedono con moto diretto; ora, con moto parimenti prima*

accelerato e quindi ritardato, ma sempre retrogrado, ritornano indietro, ed ora finalmente, cioè nel passare dall' una all'altra direzione, rimangono alquanto stazionarii.

Dichiarazione. I. Già è stato accennato che i pianeti inferiori or vanno innanzi, ed ora tengon dietro al Sole. Ma questo certamente non può avvenire, senza che essi scorrano pel Cielo talora secondo l'ordine dei segni, dal quale non si diparte mai il Sole, e talora contro l'ordine medesimo. Inoltre questi, come è naturalissimo, non cangiano direzione tutt' ad un tratto, ma dopo una fermata più o meno lunga, ossia, dopo essersi mantenuti nelle loro massime elongazioni ad una costante distanza dal Sole, imprendono a muoversi prima lentamente, poi velocemente; quindi principiano a ritardare sempre più il loro movimento; e finalmente fanno un' altra fermata; e così di seguito. II. Anche i pianeti superiori, benchè in complesso percorrano un' orbita intera; ciò non ostante a quando a quando fanno mostra di soffermarsi, ossia mantengonsi ad una costante longitudine per alquanto tempo. Ma poi, retrocedono di alquanti gradi, prima con maggiore, e poscia con minore velocità; finchè si fermano un'altra volta. Dopo ciò riprendono a muoversi, ma con moto diretto; e, percorso (col solito aumento e successivo decremento di velocità) un arco maggiore di quello che compirono con moto retrogrado, tornano a fermarsi da capo: e via discorrendo. III. I satelliti si diportano verso il loro primario a un di presso come i pianeti inferiori verso il Sole. Considerato il loro moto un poco all' ingrosso, essi non si dipartono dal loro primario; e però compiono con esso il giro dello zodiaco, con esso (finchè è stazionario) rimangono nella stessa parte di Cielo, e con esso (quando è retrogrado) ritornano indietro. Ma ove si consideri con attenzione la varietà della loro distanza dal primario, e precisamente quella che deriva da uno spostamento tutto lor proprio, si deve ammettere che essi, anche solo per sè medesimi, ora vanno secondo ed ora contro l' ordine dei segni, passando per le sopraddette fasi di velocità; e che, tra l'una e l'altra di queste direzioni, costantemente si fermano alquanto tempo, cioè

conservano la loro distanza dal primario. Il che è appunto ciò, che si asserisce nell' enunciata proposizione.

2ª *Ciascun pianeta superiore diviene stazionario ad una determinata e sua propria distanza dal Sole, va con moto diretto quando avviene la congiunzione, e con retrogrado nella opposizione.*

Dichiarazione. I pianeti superiori impiegano, come sappiamo, più anni a compire l' orbita loro. Per conseguenza ogni anno si ritrovano una volta in congiunzione, ed un'altra in opposizione. Imperocchè, posto che in un dato istante il Sole si trovi in congiunzione con uno di questi, è certo che nei giorni successivi per la sua maggior velocità si lascierà questesso indietro. Ma poi alla fine dell'anno, quando il Sole ritorna al suo sito primiero, non incontra lì il pianeta; perchè anche questo scorse per l' orbita sua; ma se lo ritrova dinanzi, e lo insegue. Dovrà quindi il Sole procedere per qualche altro grado di eclittica, per mettersi in congiunzione con lui. Per conseguenza la rivoluzione sinodica di qualsivoglia pianeta superiore eccederà l'anno di un tempo tanto più lungo, quanto è più breve la rivoluzione periodica del pianeta medesimo: o, in altri termini, quanto è maggiore l' arco di sua orbita, cui esso percorre in ciascun giorno. Or bene: dalle osservazioni risulta che il pianeta, cui il Sole si lasciò indietro, quando sta per esser raggiunto da questo, allora appunto si fa stazionario, quasi volesse attendere l'astro maggiore: anzi poco stante, prendendo il moto retrogrado, gli va perfino incontro; e così accade la congiunzione. Ma il pianeta medesimo, proseguendo ad incedere con moto retrogrado, si allontana velocemente dal Sole, il quale sèguita a correre col suo invariabile moto diretto. Se non che, quando il pianeta è giunto a distare dal Sole quanto ne distava allora che si fermò e gli venne incontro, di nuovo diviene stazionario; e poco dopo, riprendendo il suo moto diretto, si accinge ad inseguire il Sole medesimo. Ma indarno: chè questo per la sua maggior velocità, giunge all' opposizione, la trapassa, e perviene finalmente a quella distanza dal pianeta, alla quale quest'ultimo suol farsi stazionario: e allora riprincipia la stessa storia. In breve: la congiunzione

à luogo, quando il pianeta è alla metà circa del suo moto diretto; e quando questo è pressochè alla metà del retrogrado, accade l' opposizione.

3ª *I pianeti inferiori si trovano nella congiunzione superiore alla metà circa del loro moto diretto, nella inferiore quando sono a un di presso a metà del moto retrogrado, sono stazionarii nelle elongazioni massime.*

Dichiarazione. I pianeti inferiori, i quali compiono l'orbita loro, come sappiamo, in men di un anno, ànno la rivoluzione sinodica più lunga della periodica; e tanto più lunga, quanto questa è più breve. Infatti, ove in un determinato istante uno di essi si ritrovi nella congiunzione superiore e sopra una data stella, prima avverrà che esso medesimo ritorni sulla stella, di quello che giunga alla stessa longitudine col Sole, e faccia una seconda congiunzione superiore: perchè durante questo tempo il Sole à percorso una porzione d' eclittica. Quindi il pianeta a raggiungere il Sole conviene che faccia di più tutta la strada, che questo à fatto. E tale strada sarà evidentemente più corta, se la rivoluzione periodica del pianeta è più breve; e la strada stessa sarà percorsa più presto, se il pianeta va più veloce. Ebbene: sta in fatto che le stazioni dei pianeti inferiori coincidono colle elongazioni massime: che la congiunzione superiore à luogo, quando il pianeta è alla metà pressappoco del suo moto diretto: e che finalmente la congiunzione inferiore avviene quando il pianeta è ad un di presso alla metà del suo moto retrogrado.

III. COROLLARII. 1º Dunque in ogni rivoluzione sinodica dei pianeti superiori si à una volta il moto diretto, una volta il retrogrado, e due volte le stazioni. E poichè, come abbiam detto, la rivoluzione sinodica supera l'anno di un tempo tanto più lungo, quanto è più breve la rivoluzione periodica, ossia in ogni rivoluzione periodica si ànno tante rivoluzioni sinodiche, quanti sono gli anni, dei quali essa medesima costa, meno uno; così il numero degli anni della rivoluzione periodica rappresenta un numero, che è di una unità maggiore di quello dei moti diretti, e dei moti retrogradi, e di quello ancora che è uguale alla metà delle

stazioni, le quali avvengono in un dato pianeta superiore per ogni sua rivoluzione periodica.

2° Dunque in ogni rivoluzione sinodica, anche dei pianeti inferiori, si à una volta il moto diretto, una volta il moto retrogrado, e due volte le stazioni. E poichè tale rivoluzione è in questi a un di presso doppiamente più lunga della periodica; così il numero delle rivoluzioni periodiche rappresenta quasi quello delle stazioni, ed in una (di queste rivoluzioni periodiche) accadrà il moto retrogrado, nell'altra il diretto alternamente.

IV. SCOLII. 1° La rivoluzione sinodica di Marte è di due anni abbondanti (2^a, 49^d, 22^h, 28^m, 64^s), e quella di tutti gli altri pianeti superiori è sempre più breve nel seguente ordine: planetoidi (due anni scarsi), Giove (1^a, 23^d, 21^h, 15^m, 5^s), Saturno (1^a, 13^d, 2^h, 8^m, 8^s), Urano (1^a, 4^d, 16^h, 31^m, 46^s) e Nettuno (1^a, 2^d, 6^h circa).

2° La rivoluzione sinodica di Mercurio è di mezz'anno abbondante (115^d, 877); e quella di Venere è di quasi un anno e mezzo (583^d, 93).

3° La distanza dal Sole, a cui si fanno stazionarii i pianeti superiori, è minore pei pianeti, che ànno più breve rivoluzione sinodica. Marte, per esempio, si ferma alla distanza di 136° dal Sole, Giove a quella di 115°, Saturno a circa 108°.

27. Rivoluzione periodica, ed altri fenomeni planetarii. — I pianeti ci offrono varie altre apparenze, le quali esporremo in quattro proposizioni, e due scolii.

I. PROPOSIZIONI. 1ª *Tutte le orbite dei pianeti ànno un afelio ed un perielio.*

Dimostrazione. I. I pianeti inferiori, chi ben li riguardi, non fanno intorno al Sole escursioni tutte uguali: dappoichè le loro elongazioni massime accadono a distanze dal Sole più o meno varie fra di loro. Infatti le elongazioni massime di Venere oscillano fra il 45° ed il 47°; quelle poi di Mercurio fra i 16 ed i 28 gradi. Il che prova manifestamente come essi ora distino più ed ora meno dal Sole: e che però nell'orbita loro debba esservi un punto il più remoto dal Sole, ed un altro il più prossimo a quest'astro medesimo. II. Anche pei pianeti superiori, ove si esamini con qualche diligenza

la loro distanza dal Sole nei varii punti dell'orbita, cui percorrono, si verifica la cosa medesima. Imperciocchè si ritrova che, durante la loro rivoluzione periodica, vi è un istante, nel quale essi distano il massimo dal Sole, ed un altro, in cui ne distano il minimo.

2ª *Tutti i pianeti, durante la rivoluzione periodica, sono più volte apogei e perigei.*

Dimostrazione. I. I pianeti inferiori non solo or si avvicinano ed ora s' allontanano dalla Terra per seguire il Sole, che parimente ora è apogeo ed ora perigeo (**22.** III.): ma oltracciò essi medesimi si veggono in ogni congiunzione superiore più piccoli, e più grandi in ogni congiunzione inferiore. Nel primo caso Mercurio apparisce di 5″, e Venere di 9″, 6; nel secondo Mercurio mostra un disco del diametro di 12″, e Venere del diametro di 1′, 1″, 2. Si aggiunga che i pianeti inferiori, in ogni rivoluzione periodica, ora sono afelii, ed ora perielii; e si avverta che l'afelio e il perielio deve andar congiunto con un nuovo avvicinamento ed allontanamento dalla Terra. Dunque i pianeti inferiori, e per sè medesimi, ed insieme col Sole, quando sono perigei e quando apogei. II. Parimenti i pianeti superiori, essendo (come sappiamo) o afelii o perielii, debbono per ciò stesso essere ora più lontani, ed or più vicini alla Terra. Ma, anche senza questo, è esplorato che tutti nella congiunzione offrono un disco di minor diametro, che nella opposizione. A cagion d'esempio nel primo caso Marte è 4″, Giove 30″, Saturno 16″; ma nel secondo caso Marte è 18″, Giove 46″, Saturno 20″. Dunque in congiunzione sono apogei, e perigei in opposizione. Finalmente facciamo pure, che essi si mantengano ad una costante distanza dal Sole: poichè il Sole medesimo ora si avvicina ed ora si allontana dalla Terra, debbono essi medesimi passare per questa stessa varietà di distanza. Dunque non solo nella rivoluzione sinodica; ma, e per la disuguaglianza della distanza del Sole dalla Terra, e per la disuguaglianza della distanza loro dal Sole, debbono, durante la loro rivoluzione periodica, essere più volte apogei e più volte perigei.

3ª *Tutti i pianeti sono dotati di moto di rotazione.*

Dimostrazione. I. In tutti i pianeti si veggono delle parti

meno chiare, o delle ombre chiamate *macchie*. Ora in tutti parimenti si osserva, che tali macchie si traslocano in modo da costringerci a dedurne, che i pianeti girino intorno a sè stessi; che cioè sieno dotati di un moto di rotazione o di vertigine intorno ad un loro asse.

4ª *I pianeti inferiori passano per le fasi, ed i satelliti soffrono le eclissi.*

Dimostrazione. I. I pianeti inferiori, a ben riguardarli, non ci offrono un intero disco circolare, che nella congiunzione superiore: ma innanzi e dopo di questa al disco lucido manca una porzione, talora assai grande. Imperocchè nelle elongazioni massime non si vede di essi altro che un sol mezzo disco; prendono insomma l'aspetto, che à la Luna nei suoi quarti. Anzi nella congiunzione inferiore spariscono affatto: e talora si veggono passare come una macchia nera sul Sole. E poichè la loro parte illuminata, dapprima (cioè dopo la congiunzione inferiore) aumenta, e diventa un disco pieno, poi (dopo la congiunzione superiore) diminuisce fino a perdersi affatto; è chiaro che la loro luce passa per quelle stesse varietà, per le quali trapassa la Luna nelle sue fasi. II. I satelliti non offrono abitualmente il disco rivolto alla Terra in parte illuminato ed in parte oscuro, come fa la Luna ed i pianeti inferiori; ma a quando a quando, nel collocarsi in una certa posizione relativamente al primario, tutto ad un tratto si oscurano e dopo pochi istanti riprendono la loro luce primiera. E questo è un fenomeno evidentemente analogo a quello degli ecclissi, vuoi solari, vuoi lunari.

II. Scolii. 1° A compire la rotazione loro impiegano circa un giorno Mercurio ($24^h, 5^m, 28^s$), Venere ($23^h, 21^m, 7^s$), e Marte ($24^h, 39^m, 21^s$); Giove poi ($9^h, 55^m, 49^s, 7$), e Saturno ($10^h, 29^m, 16^s, 8$) ci mettono meno della metà di un giorno.

2° I fatti per la più parte assai semplici, che abbiamo stabiliti relativamente ai pianeti, vuoi in questo paragrafo, vuoi nell'antecedente, o son quelli stessi annunciati nella relativa legge, o son quelli dai quali essa legge discende. In ogni conto la dimostrazione delle leggi planetarie, considerate quali ci appariscono, consiste da una parte nella verifica dei detti fatti, (la quale finalmente non è che faccenda d' occhi

o armati o no); e dall'altra nell'analogia, per la quale ciò che si vede in tutti quei pianeti, che furono sottoposti fin qui a diligente osservazione, si deve supporre con piena certezza di tutti gli altri.

28. Comete. Vi sono degli astri ben differenti dai pianeti, i quali per altro scorrono pel Cielo con moto tutto lor proprio. È di questi che passiamo a fare un breve cenno.

I. DEFINIZIONI. 1ª A quando a quando appariscono in Cielo, e dopo alquanti giorni spariscono, degli astri dotati di moto proprio, circondati da un'atmosfera lucida, ed accompagnati da un'appendice luminosa sotto forma di crini o di chioma. Di qui è lor venuto il nome di *comete*, quasi si dicessero *comate*, come usarono i Latini.

2ª L'appendice o quasi nebbia lucida, che a maniera di treccia la cometa si trae dietro, o dalla quale essa medesima è preceduta, suol denominarsi *coda*.

3ª La parte più splendida di forma quasi planetaria, ma spesso celata sotto l'atmosfera lucida, s'appella *nucleo*.

4ª Le comete si chiamano *a lungo* o *corto periodo*, secondo che tardano più o meno di dieci in dodici anni a farsi rivedere a qualche parte della Terra.

5ª Si distinguono anche in *esterne* od *interne* a seconda che allontanansi o no dal Sole più di tutti i pianeti.

6ª Sono appellate *periodiche* le comete, delle quali si conosce con certezza l'epoca del ritorno.

7ª Ogni cometa riceve il nome dallo scopritore; ma spesso viene anche denominata dall'epoca della sua apparizione. Per esempio, quella bella cometa, che ammirammo nel **1858**, si chiama la *cometa di Donati*; quella, scoperta qui in Roma dal passato Direttore dell'osservatorio del Collegio, à nome *cometa di Devico*; ma si parla anche della *cometa Iª del* **1862**, *cometa IIIª del* **1843**.

II. SCOLII. Premesse queste definizioni nominali, esporremo sulle comete quelle particolarità, le quali possono ed interessare i principianti ed aver luogo nella parte puramente osservativa della scienza.

1°. Le comete furono credute dagli antichi semplici fenomeni sullunari e meteore transitorie: e non sono che appena

due secoli, dacchè esse sono state riconosciute per corpi cosmici, i quali girano pel Cielo con leggi del tutto analoghe a quelle dei pianeti.

2° Sebbene ogni cometa rimanga, per un tempo più o meno lungo, occulta alla Terra; tuttavia comunemente non si suppone, che esse si dileguino per non ricomparire mai più: ciò che a dir vero, per qualche caso almeno, non si è ancora dimostrato, che non possa essere. Comunque ciò sia, la prolungata assenza delle comete si spiega coll'ipotesi, che esse si allontanino tanto dalla Terra da divenire del tutto impercettibili. Insomma la supposizione comune è, che ciascuna cometa compia un'orbita rientrante in sè stessa, e ripassi a periodi regolari. Il che non include di necessità che in ogni suo ritorno noi dobbiamo rivederla; perchè questo può avvenire di pieno giorno, oppure in un'epoca, in cui il Cielo nuvoloso o anche solo nebbioso non ci permetta di distinguerla. Tanto più che la luce delle comete è molto più debole di quella dei pianeti. Ma anche senza ciò, poichè questi astri soffrono grandi alterazioni, è facile che qualcuno di loro ritorni, senza che venga riconosciuto per quel desso di altre volte.

3° Ogni cometa in un punto dell'orbita si mostra alla minima distanza dal Sole, ossia al perielio, ed allontandosi tanto da divenire invisibile, deve andare a passare per un punto distante il massimo dal Sole, ossia all'afelio. In altri termimini, vi è una differenza forte fra le distanze (massima e minima) dell'astro dal Sole; e però l'orbita cometaria à (come dicesi) una eccentricità.

4° Di ogni cometa, che apparisce, gli Astronomi cercano i così detti elementi costanti; cioè la rivoluzione periodica, l'eccentricità, l'inclinazione dell'orbita al piano dell'eclittica, il nodo, ossia il puuto in cui quella taglia apparentemente questa, e la collocazione dell' orbita, vale a dire la longitudine del perielio. E la medesimezza di questi elementi si esige per ritenere che una sia certamente identica a qualcuna di quelle, che furono altre volte osservate e calcolate.

5° Quando una cometa principia a vedersi non consiste in altro, che in una rotonda nebulosità senza vestigio di coda;

la quale (quasi nebbietta di forma circolare) mostra nel centro un punto più denso e luminoso. Coll'accostarsi che essa fa al Sole, questo punto più denso comincia a divenire eccentrico, e meglio si distingue dal resto, quasi fosse un nucleo ambito da un' atmosfera. Intanto dalla parte diretta verso il Sole si formano dei getti di materia lucida, i quali si veggono prima inoltrare verso quest'astro, e poi retrocedere, come se fossero respinti da un soffio che emanasse dal Sole medesimo; e questi appunto costituiscono lo strascico della coda. Quando poi la cometa si allontana dal Sole, quell'azione che fu fino allora tumultuosa, si trasforma quasi in un placido sedimento, ai getti irregolari succedono inviluppi regolari, la materia sembra successivamente riassorbita dal nucleo, la coda quindi s' accorcia, in fine svanisce affatto, e l' astro riprende la primiera apparenza di rotonda nebulosità. La coda pertanto si trova sempre nella parte avversa al Sole; e perciò segue il nucleo, quando questo si approssima all'astro maggiore, e lo precede, quando se ne allontana. La nebulosità poi aumenta a detrimento della coda nell'allontanarsi della cometa dal Sole.

6° Non solo la coda, e l'atmosfera della cometa è qualche cosa di molto rado; ma sembra che anche il nucleo sia trasparente. Infatti alcuni Astronomi dicono di avere veduto le stelle a traverso il nucleo di qualche cometa; e fra gli altri l' attuale Direttore dell'osservatorio del Collegio romano asserisce di avere nel 1851 veduto una stella, dinanzi alla quale si ritrovava il nucleo della cometa di Biela, e che il nucleo di quella del 1861 fu veduto per trasparenza o per diffusione, come noi vediamo la polvere o il fumo [1]. Anzi varii Astronomi attestano che la cometa di Biela nel 1846 si sparti in due sotto i loro occhi. Ed è appunto dietro una di queste due, che il Secchi dice di avere veduta una stella nel 1851.

7° Ogni anno si veggono pressappoco cinque o sei comete; e sei appunto se ne contarono nel 1846. Alcune poi sono

1 Si legga la descrizione di questo nostro celebre e dotto Astronomo intitolata «Osservazioni di Angelo Secchi d.C.d.G. sulla Cometa del 1861».

di periodo assai lungo: per esempio, quella celebre del 1680 compie l'orbita in 575 anni, quella del 1861 pare che abbia un periodo di anni 700, e si è calcolato che la cometa del 1858 non ritornerà che nell'anno 4186. Questa lunghezza della rivoluzione periodica, per la quale molte di quelle comete, che sono state in questi due ultimi secoli calcolate, non sono ancora ritornate, congiunta alle cagioni sopra accennate (2°), à fatto sì che fino adesso non siensi potuti riconoscere e verificare con esattezza i ritorni periodici che per tre, o forse sei comete, una delle quali a lungo periodo, e cinque a corto. Di queste appunto passeremo a fare un breve cenno.

8° *Cometa di Halley.* Un certo Edmondo Halley dalla determinazione degli elementi delle comete vedute negli anni 1531, 1607, e 1682, concluse queste tre essere una cometa sola, e ne predisse il ritorno pel 1759. Infatti il 12 Marzo di quell'anno la cometa ricomparve; si rivide puntualmente il 15 Novembre del 1835, e secondo tutte le probabilità ritornerà nel 1912. Questa cometa a lungo periodo, la quale ritorna ogni 76 anni, è *retrograda*, va cioè sempre contro l'ordine dei segni, e per un'orbita inclinata di 17° sull'eclittica.

9° *Cometa di Encke.* L'Astronomo, di cui questa cometa porta il nome, professore a Berlino calcolò, che la cometa vedutasi il 26 Novembre 1818 sarebbe tornata nel 1822, 1825, 1828, 1832, come avvenne e in questi e nei successivi. À dunque questa cometa un periodo di rivoluzione di 1211 giorni, ossia di anni 3 e un terzo circa. La sua orbita è inclinata all'eclittica di pressappoco 13°. Questa cometa offre il singolare fenomeno che il tempo della sua rivoluzione è in diminuzione continua.

10° *Cometa di Biela.* Biela di Iosephstadt calcolò l'orbita della cometa apparsa nel 1826, e la dimostrò identica a quella del 1805, e a quella del 1774. Predisse quindi che sarebbe ricomparsa ogni sei anni e tre quarti: ed infatti è stata riveduta nel 1832 e nel 1846. Questa à un periodo di 2410 giorni, e va con moto diretto per un'orbita, che è inclinata di 12° e mezzo sull'eclittica.

11° *Cometa di Faye.* Nel 1843 Faye in Parigi calcolò il periodo della cometa, che porta il suo nome, di circa sette anni e mezzo, o meglio giorni 2717; e determinò l'inclinazio-

ne della sua orbita essere di 11° abbondanti. Essa pure è diretta.

12° *Cometa di Devico*. Questa è romana: apparve il 2 Settembre del 1844, e va diretta in un'orbita zodiacale inclinata di quasi 3°, in un periodo di giorni 1993, cioè di quasi tre anni.

13° *Cometa di Brorsen*. Apparve il 25 Febraro del 1846; procede con moto diretto per un' orbita inclinata di 30° e più, col periodo di 2042 giorni, ossia tre anni e mezzo.

14° Le ultime tre comete non si sono vedute tornare con puntualità nelle recenti epoche assegnate alla loro riapparizione. Forse non erano in condizioni favorevoli per la visibilità; ma gli Astronomi sospettano che abbiano subito delle trasformazioni, per le quali o non sieno state riconosciute, o abbiano cangiato periodo. Infatti nel 1770 fu veduta una cometa assai notevole, di cui Laxel annunciò il periodo di circa 5 anni. Ma la predizione non si avverò esattamente. Dacchè questa cometa nel ritornare parve che si gettasse fra i satelliti di Giove, e mutasse orbita.

29. Chiusa dell' articolo. — Gli antichi tenevano i pianeti per altrettanti Iddii; e gli Astrologi attribuirono ad essi un' influenza diretta sull' abbondanza e la carestia, sulla felicità e le disgrazie pubbliche e private, e perfino sulle virtù e sui vizii degli individui. Imperocchè per benefico si aveva Giove, e per malefico Saturno; si credeva che Mercurio desse il talento e la furberia; che Venere stimolasse ai piaceri; Diana o la Luna avvezzasse alla caccia; Marte accendesse alle armi; Apollo o il Sole ispirasse la poesia. Nei tempi del gentilesimo, nel secol d'oro, nel centro della civiltà greca e romana, le comete erano ritenute per foriere, anzi apportatrici di calamità, e furono chiamate astri *terrifici*. Ma per nostra gran ventura il Cristianesimo à già trionfato dell' idolatria, ed il magistero infallibile della Chiesa à sbandito da tutti i popoli colti la superstizione, e screditato l' astrologia. Al presente anche l' idiota sa che fu il Dio nostro Uno e Trino, che trasse dal nulla tutti i pianeti, che ne regolò i diversi aspetti, che assegnò loro la strada, cui dovevano incessantemente calcare. Ei fu che creò

un numero di comete sì grande, che potè esser portato da Arago a ben 17 milioni, e non passa anno che non abbia le sue: e perciò sarà più facile che fatti luttuosi manchino alle comete, che non queste a quelli. Ei fu (nessuno or più lo ignora), non già i pianeti, Ei fu che diede a noi le diverse inclinazioni ed attitudini, e ci lasciò liberi a migliorarle o depravarle. Egli che permise il male publico e privato per rendere possibili quelle grandi azioni, che tanto ci nobilitano. Egli è che ci sorregge in ogni nostra operazione, che ci premunisce contro i vizii, che ci corrobora alla virtù. Nelle sole sue mani sono le nostre sorti, e quelle delle nazioni.

ARTICOLO V.

STELLE.

30. Sfera parallela. — Dopo avere trattato dell'aspetto dell'Universo, del Sole, della Luna, dei pianeti, e delle comete, è tempo oramai di dire qualche cosa di più particolareggiato intorno alle stelle fisse. Ne esordiremo il discorso dall'esposizione dei varii aspetti, che esse offrono ad osservatori collocati in siti differenti della Terra, e dei fenomeni diurni, che ne conseguitano.

I. SCOLIO. Fra gli argomenti della globosità della Terra, vi è ancor quello (**14.** I. 1°) dell'apparizione di sempre nuove costellazioni dalla parte di borea e della contemporanea scomparsa di altrettanta porzione di Cielo dalla parte di austro, nella supposizione che ci piaccia viaggiare verso norte. Ora tale fenomeno importa, che (fig. 27.) la stella polare (B) s'innalzi sempre più sull'orizzonte, quanto più oltre procedesi in quella direzione: e questo deriva dall'abbassarsi che fa l'orizzonte (OR) sotto le stelle boreali (EHBCQ), e dall'innalzarsi corrispondentemente sopra le australi (QKATE). Accade l'inverso ove si viaggi verso sud: emergono dall' orizzonte le stelle (KAT) australi, e vi si occultano sotto le (EBC) boreali. Dunque debbono esservi due siti sul globo terrestre, (uno dei quali è o) e saranno i poli terrestri, donde l'orizzonte (OR) si confonderà coll' equatore (EQ) celeste, e tutti

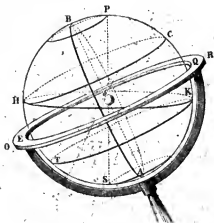
i circoli paralleli a questo diverranno paralleli anche a quello.

II. DEFINIZIONE. Quando la sfera celeste à tal posizione, che l'orizzonte coincide coll'equatore, è detta *sfera parallela*.

III. COROLLARII. 1° Dunque evidentemente, stando ai poli della Terra, non possono vedersi che le sole stelle di un emisfero, e le altre debbono rimanere sempre occulte sotto l'orizzonte.

2° Dunque le stelle di un emisfero dovranno essere costantemente visibili. Dappoichè per la rotazione diurna, che si fa sempre parallelamente all'equatore, le stelle dell'emisfero visibile non si celeranno mai sotto l'orizzonte; ma invece andranno ogni giorno in volta parallelamente a questo, che in tal caso è parallelo all'equatore.

Fig. 27.

3° Dunque ai poli l'anno consisterà, per così dire, in una giornata sola, divisa in sei mesi di giorno, e sei di notte. Imperciocchè il Sole nei dì degli equinozii dovrà lambire tutto intorno l'orizzonte: e per sei mesi dell'anno percorrerà una strettissima elica parallela parimente all'orizzonte, sollevandosi prima all'altezza estrema di 23°, 28′, e poi riabbassandosi fino all'orizzonte: e finalmente per altri sei resterà continuamente nascosto.

4° Dunque le stelle non si vedranno che per tre o quattro mesi dell'anno. Dacchè se è vero, che ivi le stelle sono per sè stesse sempre visibili, perchè stanno costantemente sopra l'orizzonte, è anche vero che duranti i sei mesi, nei quali il Sole si trova sull'orizzonte, non potranno vedersi pel

contrasto della luce solare. E poichè in queste regioni i crepuscoli matutino e vespertino, come è naturalissimo, durano molti giorni consecutivi; le stelle non saranno vedute che per circa quattro mesi dell'anno.

31. Sfera retta. — I. SCOLIO. È chiaro che quelli, i quali si trovano sull'equatore terrestre, debbono vedere (fig. 28.) ambidue i poli celesti (A, e B) sulla circonferenza stessa del loro orizzonte (OR). In tale apparenza (come si sa dalla Stereometria) l'orizzonte (OR) taglia per metà e ad angoli retti non solo l'equatore (EQ), ma eziandio tutti i circoli (TK, HC) paralleli ad esso.

II. DEFINIZIONE. La sfera stellata, allor quando apparisce in tale giacitura, che i poli del Mondo battono sull' orizzonte, è denominata *sfera retta*.

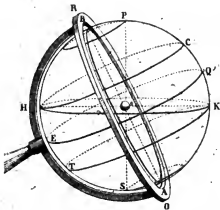
Fig. 28.

III. COROLLARII.

1° Dunque, da ogni punto dell' equatore terrestre, si vedranno ciascun giorno tutte le stelle scorrere per circoli perpendicolari al piano dell' orizzonte.

2° Dunque tutte le stelle del firmamento, per gli abitanti dell' equatore, saranno per metà del giorno per sè stesse visibili, per l'altra esatta metà invisibili. Poichè l'orizzonte passando pei poli di tutti i circoli minori, dividerà questessi in due porzioni eguali.

3° Si dica altrettanto del Sole; che ivi adunque produrrà un eterno equinozio.

32. Sfera obliqua. — I. SCOLIO. Osservando il Cielo da una qualunque delle regioni collocate fra i poli terrestri e l'equatore, l'equatore celeste, e tutti i suoi paralleli cadono

obliqui sull' orizzonte: come appunto abbiamo supposto in tutti gli Articoli antecedenti.

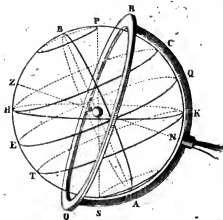
II. DEFINIZIONE. La sfera celeste nella sua posizione comune, nella quale tutti i circoli paralleli all'equatore riescono inclinati al piano dell' orizzonte, assume il nome di *sfera obliqua*.

III. COROLLARII. 1° Dunque nei siti frapposti ai poli e all'equatore, alcune stelle saranno visibili sempre, ossia tutto l' intero circolo da loro percorso resterà sopra l' orizzonte: alcune altre non saranno visibili mai: le restanti saranno visibili per una porzione soltanto del loro giro.

2° Il moto di tutte le stelle sarà obliquo verso l'orizzonte.

3° Dunque due soli giorni dell'anno saranno divisi ugualmente in notte e giorno: e per sei mesi il giorno supererà la notte, per altri sei accadrà l'opposto.

Fig. 29.

4° Dunque il Sole passerà due volte all' anno per lo zenit di tutti quei paesi, che sono racchiusi fra i tropici terrestri. Appunto perchè il Sole nel corso dell' anno, pel moto complessivo del suo proprio e di quello della sfera, scorre per una stretta linea spirale racchiusa fra i tropici celesti.

5° Per quei siti, che sono racchiusi dentro i polari terrestri, potrà passare qualche intero giorno, senza che il Sole apparisca affatto sull'orizzonte. Come per converso, dopo sei mesi, passeranno più giorni, nei quali si vedrà il Sole costantemente. E la ragione è che l'orizzonte di questi luoghi, che distano dai poli meno di 23°, 28′, nasconde completamente sotto di sè uno dei due tropici, i quali si dilungano

appunto di 23°, 28′ dall' equatore. Il che equivale a dire, che a gradi a gradi si perviene a quegli estremi, nei quali vi sono sei mesi di giorno, e sei mesi di notte.

33. Precessione degli equinozii. — Volendo ora studiare qui con maggiore attenzione quegli astri, che furono chiamati *stelle fisse*, perchè non si traslocano visibilmente su per la sfera celeste; non possiamo tralasciare di fare avvertire, che neanche essi stanno veramente fermi; anzi ci mostrano tre principalissimi movimenti. E di questi ci occuperemo di presente.

I. PROPOSIZIONE. *La sfera celeste si mostra dotata di un lentissimo movimento di rotazione da occidente verso oriente intorno ai poli dell'eclittica.*

Dichiarazione. Ipparco, formato che ebbe il suo catalogo delle stelle, nel quale assegnava a ciascuna l'esatta declinazione (22. I.) ed ascension retta, latitudine e longitudine, volle confrontarlo con quello fatto, 150 anni prima, da Timocari e da Aristillo. E con sua sorpresa s'avvide, che nel catalogo antico a tutte era assegnato un sito di circa 2 gradi più occidentale. Tolomeo; 200 anni dopo, trovò una simile discordanza fra il catalogo suo e quello d'Ipparco. Tutte le posteriori ed assai più accurate osservazioni ànno finalmente dimostrato, che la sfera celeste sembra ravvolgersi da occidente verso oriente intorno ai poli dell' eclittica: di maniera che in tutte le stelle cresce la longitudine di 50″, 1 ad anno; di quasi altrettanto aumenta l'ascension retta; la declinazione poi viene variando per alcune in più, per altre in meno; e rimane invariabile la latitudine. Or perchè ciò? Sono (fig.30.) i punti (B, A), intorno ai quali si ravvolge là sfera stellata, ossia i poli del Mondo, che si spostano fra le stelle: o, in altri termini, la sfera celeste, invece di seguitare a ruotare giornalmente intorno ai punti medesimi, nella successione dei secoli passa a girare intorno a punti (m, n), che sono bensì sempre diametralmente opposti fra loro, ma sono anche successivamente tutti quelli, che si trovano sopra due circonferenze (BmD, AnF) minori celesti distanti (in ogni loro punto) di 23°, 28′ dai poli (P, S) dell'ecclittica. Quindi è che l'asse del Mondo, restando fermo col suo punto medio (che

è quello, il quale coincide col centro dell' Universo), in ben 25868 anni scorre da oriente in occidente sulla superficie di due coni opposti al vertice; ognuno dei quali à per base un circolo (BmDB, AnFA), il cui raggio è lungo 23°, 28, ed i cui poli sono quelli (P, S) dell'eclittica. Il che porta, che i punti equinoziali ancora vengano scorrendo sull' eclittica (da Y in *y*) da oriente in occidente. E poichè da uno (Y) di questi ànno principio gli archi di longitudine e di ascensione retta; è evidente che tali archi, i quali si computano da occidente verso oriente, debbono aumentare in tutte le stelle, quasi queste s'avvolgessero verso oriente (passando da *y* in Y, da *z* in Z). Con ciò l'ecclittica ruota verso occidente (da K verso Y ed H) intorno a sè stessa, ma non esce dal suo piano; e però la latitudine rimane inalterabile. Ma l' eclittica medesima, poichè i punti equinoziali scorrono lungo la sua circonferenza, verrà a tagliare successivamente tutti i punti (YZ ed *yz*) dell' equatore presi due a due: vale a dire, tutte le stelle equatoriali, in termine di 12 secoli, passeranno una volta per l' eclittica; o ciò che è lo stesso, che la declinazione delle stelle verrà quando ad aumentare e quando a diminuire. Insomma si avrà l'apparente moto della sfera annunciato nella proposizione.

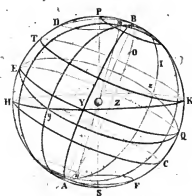



Fig. 30.

II. COROLLARII. 1° Dunque il Sole, scorrendo per l'eclittica da ponente a levante (da H ad Y), dovrà incontrarsi sul punto equinoziale, che va (pel sopraddetto moto) da levante a ponente (da Y ad *y*) prima di aver raggiunto la stella (Y), su cui trovavasi nell'equinozio dell'anno innanzi. Chi determinasse quindi il momento dell' equinozio futuro, calcolando il tempo del ri-

torno del Sole sulla medesima stella, cui il Sole cuopriva nell'equinozio passato, s'accorgerebbe che l'equinozio precede il tempo predetto.

2° Dunque l'anno, in virtù della rotazione secolare della sfera, è di venti minuti abbondanti più breve di quello che sarebbe se, invece di esser contato da equinozio ad equinozio, si valutasse da appulso ad appulso del Sole sulla medesima stella. Infatti, conosciuto l'arco di spostamento annuo del punto equinoziale pel moto dei poli del Mondo intorno a quelli dell' eclittica, facilmente può calcolarsi quanta sia la diminuzione, che ne deve conseguitare nella durata dell'anno. Or questa si trova essere appunto di 20ᵐ, 19ˢ, 9.

III. DEFINIZIONI. 1ª Il moto di rotazione della sfera intorno ai poli dell'eclittica si domanda *precessione degli equinozii*. La ragione di questo nome si trova nel corollario primo.

2ª Il tempo, che trascorre tra equinozio ed equinozio successivo, dagli Astronomi è chiamato *anno tropico*.

3ª Vien detto dai medesimi *anno sidereo* il tempo interposto fra due successivi appulsi del Sole sopra una medesima stella [1].

1 Il periodo, che interessa a tutti, non è già l'anno sidereo; ma l'anno tropico; perchè con questo è connesso il ritorno delle stagioni. E però in tutti i calendarii, che sono stati ideati dai popoli colti, sempre si è avuto in mira di fissare bene la lunghezza e le parti dell'anno tropico; e a questo si è procurato di uniformare *l' anno civile*. Ma l'anno tropico non è esattamente divisibile in giorni, come dev'esserlo l'anno civile; nè la sua lunghezza esatta potea esser nota agli antichi. Quindi le discrepanze, e le successive mutazioni dei calendarii medesimi.

Dapprima si misurava l'anno dalla lunghezza dell'ombra gettata a mezzogiorno da un gnomone (**21**. I. 2ª). L' incertezza di questa misura fece attribuire all'anno 365 giorni giusti. E tale appunto era la lunghezza dell'anno ebraico, del persiano, e dell'indiano. Secondo il calendario di Nabonassar istituito nel — 747, l' anno era *vago* (come lo anno chiamato), ed era diviso in mesi e settimane. I mesi erano 12, di 30 giorni l'uno; ma in ultimo s'aggiungevano altri 5 giorni complementarii, a un di presso come tentò di fare la Repubblica francese del secolo scorso. Ma il quarto di giorno, che si disprezzava, spostava di 24 giorni tutte le stagioni in termine di soli 100 anni, cioè durante incirca la vita di un uomo. Ma presso gli Egiziani si principiò a computare l'anno dalla levata eliaca di Sirio. A comprender ciò, ricordiamo come, posto che in un dato giorno il Sole nasca con Sirio, i giorni appresso il

IV. SCOLII. 1° Il moto di precessione; essendo uno spostamento non delle stelle, ma piuttosto dei circoli ideali celesti, non porta veruna alterazione nella distanza relativa delle stelle fisse, o nella configurazione e disposizione delle

Sole nascerà sempre dopo questa stella. Ma nei primi giorni questa medesima, sebbene la più splendente di tutte, non sarà visibile pel chiarore della luce solare: e non è che quando Sirio nasce circa un' ora prima del Sole, che principia a potersi vedere nel momento della levata. Questa prima nascita anteriore al Sole e visibile si chiama la sua *levata eliaca.* Siccome dopo tal levata il Nilo usciva dal suo letto, così questo fenomeno era d'interesse comune. Nel giro per altro di 1470 anni, che era chiamato il periodo *sotiaco*, la levata eliaca di Sirio rispondeva successivamente a tutte le date dell'anno. E pare che i primi, ad aggiunger un quarto di giorno all'anno, sieno stati i sacerdoti egiziani (aggiunta che Platone considerò come un loro arcano), e che i medesimi abbiano a ciascun giorno della settimana dato il nome di un loro Dio.

In Grecia anticamente si usava il calendario introdotto da Metone l'anno — 432. Questo era *lunisolare.* L'anno cominciava colla neomenia prossima al solstizio estivo; e si componeva di 12 mesi, ognuno dei quali comprendeva 29 o 30 giorni alternamente. Quindi ogni due o tre anni ve n'era uno detto *embolismico*, nel quale si replicava il mese *Possideon* di 30 giorni.

L'anno mussulmano è lunare di 12 mesi, ognuno dei quali è composto di 29 o 30 giorni. Quindi esso non contiene che 354 giorni, ed i mesi cadono in ogni stagione successivamente.

Roma dapprima ebbe il calendario di Romolo, nel quale l'anno era scompartito in dieci mesi. Il primo dei quali fu consecrato al preteso padre di Romolo stesso, e però si disse *Marzo.* Il secondo fu dedicato a Venere, e da un'appellazione greca di questa deessa fu chiamato *Aprile.* Poi veniva il *Maggio*, così detto da Maia madre di Mercurio. Quindi *Giugno* intitolato a Giunone. Dopo seguivano il *Quintile*, ed il *Sestile*; il primo dei quali ricevè più tardi il nome di *Iulius*, in onore di Giulio Cesare nato in quel mese, ed il secondo fu dal Senato romano denominato *Augustus*, perchè in esso Augusto operò le sue più gloriose gesta. E finalmente *Settembre*, *Ottobre*, *Novembre*, *Decembre*, che significano settimo, ottavo, nono, decimo mese.

Numa, a porre riparo allo spostamento delle stagioni proveniente dalle solite sei ore trascurate sino allora, riformò il calendario romuleo. Principiò dal dividere l'anno in dodici mesi, ed il primo dei due mesi aggiunti chiamò *Ianuarius* in onore del Dio Giano, e l'altro consacrò alle espiazioni e dedicò a Februo Dio de'morti, e però lo nominò *Februarius.* Quest'ultimo mese solamente ebbe un numero pari (e però nefasto) di giorni: tutti gli altri ne aveano o 29 o 31. Ma ogni due anni il mese di Febbraro si divideva in due porzioni, e fra queste s'intrometteva un

costellazioni, una riguardo all'altra. Ma non può dirsi altrettanto riguardo alla posizione relativa dell'equatore sia coll'eclittica, sia coll'orizzonte: i quali due circoli rimangono sempre al loro posto. Sotto questo aspetto il Cielo subisce grandi al-

decimoterzo mese chiamato *Mercedoniano*, e composto di 22 giorni. Così il giorno appresso al 22 Febbraro, era 1 Mercedoniano, e dopo il 22 Mercedoniano, veniva il 23,..... 28 Febbraro. Ad ottenere poi il ritorno delle stagioni nelle medesime date, ogni 24 anni il Mercedoniano costava di soli 16 giorni. In questo pure i mesi venivano divisi in settimane, e queste erano distinte dal giorno del mercato detto *nundinale*.

Ma più tardi la sottrazione de' sei giorni al Mercedoniano fu dimenticata e trascurata dai Pontefici, e presto i mesi che in origine erano in Inverno passarono in Autunno, e quelli d'Autunno si trovarono in Estate.

Così erano le cose, quando nell'anno 708 di Roma, o — 46, Giulio Cesare ordinò la riforma del calendario, come gli fu suggerita da Sosigeno astronomo egiziano. Principiò dall'attribuire all'anno appresso una lunghezza, che ricompensasse tutte le perdite accadute fin lì. Il Gennaio ebbe 29 giorni; la prima parte di Febbraro ne ebbe 23; 23 parimente il Mercedoniano; 5 l'altra porzione di Febbraro; Marzo 31; Aprile 29; Maggio 31; Giugno 29; Quintile 31; Sestile 29; Settembre 29; Ottobre 31; Novembre 29; Mese intercalare straordinario 33; altro mese straordinario 34; Decembre finalmente 29. E questo fu denominato l'*anno della confusione*. Ed affinchè non si dovesse ricorrere di nuovo ad una confusione simile, stabilì che quind'innanzi tutti i mesi fossero composti altri di 30, altri di 31 giorno, ad eccezione del mese di Febraro, il quale avrebbe ordinariamente 28 giorni: ma ogni quattro anni ne avrebbe 29. Allora in ciascun mese si distinguevano tre giorni; il primo del mese, che dai Romani si scriveva con lettere maiuscole, erano le *calende*, quindi la parola *calendario*; il 5 le *none*, e il 13 le *idi*; a differenza dei mesi di Marzo, Maggio, Luglio, e Ottobre, nei quali le none cadevano il 7, e le idi il 15 del mese. Volle pertanto Giulio Cesare, che il giorno addizionale di Febbraro fosse frapposto fra il 24, nel quale dicevasi *VI Kalendas*, ed il 25, in cui si diceva *V Kalendas martias*, e che fosse nominato con *bis sexto Kalendas*. Quindi il nome di *bisestile* imposto all'anno, che ricorre ogni quattro, ed è composto di 366 giorni.

E qui non sarà inutile avvertire, che devesi accuratamente distinguere questo calendario giuliano dal, così detto, periodo giuliano. Premettiamo che l'anno non è esattamente divisibile pei giorni delle lunazioni; e però i novilunii accadono successivamente in date diverse. Ma però ogni 19 anni ritornano nelle date stesse. Questo periodo di 19 anni costituisce il, così detto, *ciclo lunare*. Si può quindi chiamare *I* l'anno, in cui la neomenia accade il 1° di Gennaro, e *II* quello che viene appresso, e così di seguito fino al *XIX*, e poi riprincipiare da capo per gli anni successivi. Allora, conosciuti i giorni delle fasi per quel ciclo, sono conosciuti per tutti gli anni. I Greci apposero agli anni successivi questi 19 nu-

terazioni. Esponiamo prima quelle relative all'eclittica. Probabilmente quando furono imposti i nomi ai segni (**22**. II. 2°) dello zodiaco, questi lo ricevettero da quella costellazione, su cui trovavansi allora. E certamente 140 anni avanti l'èra

meri scritti a caratteri d'oro nei luoghi pubblici. Quindi il nome di *numero aureo*. Si chiama poi *epatta* l'età della Luna il 1° di Gennaro, ossia il numero che esprime di quanti giorni al principiar dell'anno sia già passata la neomenia.

Quanto poi al Sole è da sapere, che ogni 28 anni giuliani i medesimi giorni della settimana cadono nei giorni stessi del mese. Questo periodo di 28 anni fu chiamato *ciclo solare*. Se a ciascun giorno del mese si apponga una delle prime lettere dell'alfabeto, basta sapere ogni anno quale lettera corrisponda alla Domenica, per conoscere che giorno è dalla lettera apposta alla data corrente. Quella lettera si chiama *domenicale*.

Nei tempi di Costantino e de'seguenti imperatori si usavano le *indizioni*, come citazioni ai tribunali. Poscia esse servirono a formare un periodo di 15 anni adottato dai Papi, e dai Veneziani per giunta alle date. Si crede che quest'uso abbia avuto principio nel 512; e così la prima indizione si può riportare all'anno — 3. Quindi l'*indizione romana* è l'anno che rimane dopo aver diviso per 15 il numero degli anni trascorsi da 3 anni avanti l'èra volgare in poi.

Or bene; il *periodo giuliano* è un ciclo, di cui molti autori fanno uso, proposto da Giuseppe Scaligero nel secolo decimosesto. Moltiplicando i sopraddetti tre cicli, cioè il solare, che è 28, il lunare 19, e quello d'indizione 15, si ottiene 7980. Questo numero costituisce appunto il periodo giuliano, durante il quale è impossibile che s'incontrino insieme gli stessi numeri dei tre cicli, che ne sono fattori. È dunque tutt'altra cosa dall' anno o calendario giuliano. Tornando ora a questo, è facile accorgersi che non risolve completamente il problema: dacchè, come risulta dalle cose dette (**33**.IV.3°) l'anno tropico è *undici* minuti, *dieci* secondi, e *tre* decimi più breve di 365 giorni e 6 ore.

Per la qual cosa dopo sedici secoli, cioè ai tempi di Gregorio XIII avvenne che le stagioni erano spostate di ben 10 giorni. A riportare il ritorno di queste alle loro antiche date, e ad ovviare per sempre a un tal disordine, furono dal medesimo Sommo Pontefice tolti 10 giorni al mese di Ottobre del 1582; in cui si disse 1, 2, 3, 4, 15, 16,....; e furono promulgate le seguenti regole, che costituiscono la *riforma gregoriana*. 1ª Ogni anno, espresso da un numero non divisibile per 4, è di 365 giorni. 2ª Ogni anno, espresso da un numero divisibile per 4, ma non per 100, è di 366 giorni. 3ª Ogni anno, espresso da un numero divisibile per 100, ma non per 400, è di 365 giorni. 4ª Ogni anno, espresso da un numero divisibile per 400, è di 366 giorni. Così bisogna che passino più di 3000 anni, perchè le stagioni si spostino di un giorno. Si potrebbe ottenere che questo spostamento di un giorno accadesse solo dopo cento mila anni, aggiungendo per 5ª regola, che gli anni rappresentati da un

volgare il segno di Ariete coincideva esattamente sull'omonima costellazione. Ma in progresso di tempo lo spostamento del punto equinoziale (su cui si riferisce sempre il principio del segno di Ariete) à portato tutto questo segno sulla costellazione de' Pesci, quello del Toro sulla costellazione di Ariete, e via dicendo. Cosicchè verrà tempo, in cui il Sole passerà per la costellazione del Leone nel mese di Gennaro. E però che dalla pittura o scultura di un antico zodiaco, in cui sieno rappresentati sì i segni come le costellazioni, si può arguire l'epoca, in cui fu disegnato quello zodiaco, e fors'anche quella della fabbricazione dell'edificio, in cui esso si ritrova. Si dice che a questo modo si sia determinata l'antichità del tempio del Sole in Tebe.

2°. Quanto poi ai cangiamenti del Cielo relativi ai diversi abitanti della Terra, agevolmente si comprende che quella, che adesso noi diciamo stella polare, all'epoca dei più antichi cataloghi delle stelle, distava dal polo di ben 12°. Anche al presente essa non è veramente al polo, ma ne dista di 1°,24'; e però un'altra stellina della sua costellazione, poichè è di tutte le altre più prossima al polo, viene chiamata la *polarissima*. Ma verrà tempo, che la polare si dilungherà di solo mezzo grado dal polo: dopo di che se ne allontanerà un'altra volta, e dovrà perdere affatto la denominazione di polare per cederla ad altre. Anzi di qui a dodici mila anni, la più bella stella dell'emisfero boreale, cioè Vega o l'α della Lira, si collocherà alla distanza di soli 5 gradi dal polo, e sarà la stella polare nostra. In simil modo adesso la stella polare dei nostri antipodi è una stella *sestaria* o di sesta grandezza, chiamata σ dell'Ottante, e dista dal polo australe più di mezzo grado. Ma quando Vega sarà per noi la polare, i nostri antipodi avranno a polare la stella Canopo, cioè l'α della Nave degli Argonauti; che è la più bella fra tutte le stelle dopo Sirio.

numero divisibile per 4000 non avranno che 365 giorni. Il calendario gregoriano, adottato da prima da tutti i cattolici e molto più tardi anche dai protestanti, non è ancora stato ricevuto in Russia ed in Grecia; e però adesso le nostre date differiscono da quelle degli scismatici di 12 giorni.

3° L'anno siderale à la lunghezza di $365^d, 6^h, 9^m, 9^s, 6$; l'anno tropico è invece lungo $365^d, 5^h, 48^m, 48^s$.

34. Nutazione dell'asse. — I. PROPOSIZIONE. *L'asse del Mondo, tenendosi fermo al centro dell'Universo, sembra descrivere ogni diciannove anni due coni opposti al vertice a base ellittica, il cui asse maggiore è uguale a* 18″,5 *ed il minore è* 13″,74.

Dichiarazione. Bradley trovò, che la sfera sembra barcollare per un cotal movimento, pel quale, restando fissi i poli dell'eclittica, ed anche l'eclittica medesima, i poli del Mondo s'aggirano intorno a una piccolissima circonferenza d'ellisse. È questa una variazione in diversi sensi che soffre l'inclinazione dell'asse sull'eclittica: talchè nel periodo di 19 anni, questo sembra generare i due soppraddetti coni. Insomma i punti, intorno ai quali ruota diurnamente la sfera stellata, sono sempre diversi; e sono quelli appunto, che si trovano disposti sulle due dette curve rientranti in sè stesse.

II. DEFINIZIONE. Quel moto, pel quale l'asse del Mondo, senza girare intorno a sè stesso, striscia in 19 anni sulla superficie di due coni opposti al vertice, ed il vertice dei quali sta nel centro dell'Universo, viene denominato ***nutazione dell'asse***.

III. SCOLIO. Poichè il moto di nutazione si complica con quello di precessione; i poli dell'Universo non descrivono due vere circonferenze intorno a quelli dell'eclittica, come farebbero se fossero animati dal solo movimento della precessione. Qual curva invece descriveranno? Si noti che il moto di nutazione, sebbene si compia in pochi anni, pure per la estrema piccolezza dell'ampiezza sua, è più lento assai del movimento di precessione. Ond'è, che i poli in ultimo risultato non ritorneranno mai indietro: ma, quando il moto di nutazione cospira con quello di precessione, procederanno con maggior velocità; e quando quello s'oppone direttamente a questo, con minore, cioè colla differenza delle due velocità. Siccome poi il moto di nutazione avviene con cangiamento di latitudine, ciò che non succede nell'altro; così è, che quando aumenta la latitudine del polo dell'equatore, questo si avvicinerà alquanto a quello dell'eclittica; se ne allontanerà invece, quando

la latitudine sua diminuisce. In somma i poli del Mondo (fig. 31.) scorreranno per due circonferenze ondulate intorno ai poli (P) dell'eclittica.

IV. COROLLARIO. Dunque l' anno è vario in lunghezza. Dacchè non solo il punto equinoziale si sposta pel grandioso movimento chiamato precessione degli equinozii; ma si sposta eziandio pel moto che è detto nutazione, e che compiesi in 19 anni. Or questo non è già una rotazione, neppure apparente, della sfera intorno ad un suo asse; ma è quasi un barcollare o nutare della medesima, pel rialzarsi che fa l'asse del Mondo or più or meno, e quando da un lato, quando da un altro sull'eclittica. Per la qual cosa ora questo movimento cospira con quello, che si compie in più di 25 mila anni, ora a quello si oppone. E per conseguenza per quest'altro moto, il punto equinoziale incontra il Sole ora anche più presto, ed ora non tanto prima. E ciò porta, che la lunghezza esatta dell'anno debba essere incostante; cioè non sempre tanto più breve, quanto è stato detto di sopra (**33.** II. 2°, IV. 3°). E però la lunghezza, ivi assegnata per l' anno tropico, è la media fra la massima e la minima.

Fig. 31.

35. Aberrazione. — I. PROPOSIZIONE. *Ogni astro fa mostra di muoversi annualmente intorno a un punto diverso, non dilungandosene per altro mai più di 20'', 25.*

Dichiarazione. Lo stesso Bradley nel 1728 s' accorse pel primo, che a tutte le stelle compete un certo piccolo movimento annuale. Infatti quelle, che stanno ai poli dell'eclittica, sembrano descrivere un circolo intorno a questi del raggio di 20'', 25. Quelle invece, che restano nel piano proprio dell'eclittica stessa, pare che facciano ogni anno una oscillazione dell'ampiezza di 40'',5. Finalmente tutte le altre percorrono apparentemente altrettante ellissi, l'asse maggiore delle quali è parimente di 40'',5; ma il minore (ove si principii da quelle stelle che ànno una latitudine poco maggiore di zero, ossia

escono di poco dall'eclittica, e si finisca con quelle che hanno una latitudine poco men di 90°, cioè sono prossime ai poli della medesima) il minore, dico, passa per tutti i valori da poco più che zero fino a poco meno di 40″, 5.

II. DEFINIZIONE. Il moto annuo delle singole stelle intorno a un punto, che è diverso per ciascuna, si denomina *aberrazione delle fisse.*

III. SCOLIO. Il moto di aberrazione non altera la lunghezza dell'anno: ma sposta alquanto le stelle. Quindi è che la longitudine e la latitudine, l'ascension retta e la declinazione di un astro, a rigore, non sono quantità costanti durante l'anno; ma ogni anno (prescindendo da ogni altro movimento) ritornano in periodo. Parimente le cose stesse variano periodicamente sì ogni 19 anni per la nutazione dell'asse, e sì ogni 258 secoli e mezzo per la precessione. Quindi, volendo valutare con esattezza le posizioni degli astri, bisogna tener conto di tutti questi spostamenti.

36. Classificazione delle stelle. — A completare il discorso di ciò, che vi à di più necessario a sapersi sulle apparenze celesti, conviene ora passare a fare il novero di tutte le varie classi di astri, i quali adornano il Cielo.

I. DEFINIZIONI. 1ª Ogni corpo celeste di qualsivoglia classe, dalla parola greca ἀστήρ, è chiamato *astro*.

2ª Fra questi già sappiamo distinguere i pianeti e le comete. Portano il primo nome (**16.** II. 18ª) quei pochi astri meno brillanti, che sono dotati di moto proprio, e che ogni giorno sono per sè stessi visibili a qualche regione terrestre acconciamente scelta. Portano (**28.** I. 1ª) poi il secondo quelli, che sono dotati di luce anche meno vivace di quella dei pianeti, che si muovono come questi con moto proprio, ed appariscono periodicamente sì, ma straordinariamente; potendo ben trascorrere più giorni ed anni, nei quali una data cometa non si vegga da veruna regione della Terra. Or bene: tutti gli altri corpi celesti sono chiamati in senso ristretto *stelle*. Ma diconsi anche *stelle fisse* per evitare l'equivoco, che può nascere dall' essersi un tempo adoperata la parola *stella* sinonimamente ad astro.

3ª Sappiamo anche che ogni gruppo di stelle artificialmente,

ma invariabilmente, determinato (**16.** II. 19ª) appellasi costellazione: e che varie stelle singolari ànno il loro nome (**16.** III. 4°, 6°) proprio. Aggiungeremo qui, che tutte le stelle sogliônsi distinguere anche in relazione alla loro grandezza apparente: dicendosi *stelle di prima grandezza* oppure *primarie* quelle, le quali ci mostrano il massimo diametro graduale, stelle di *seconda grandezza o secondarie* quelle che sono un poco meno grandi, e così di séguito; e che talvolta le stelle medesime sono contraddistinte non con una lettera greca, ma con un numero.

4ª Ma quelle le quali sono apparentemente sì piccole, che non si distinguono ad occhio nudo, vengono chiamate *stelle telescopiche*.

5ª Tutti conoscono quella gran fascia bianca che cinge tutto intorno il Cielo, quasi nel senso dei poli, biforcandosi alla coda dello Scorpione e ricongiungendosi poco appresso, ossia alla coda del Cigno; quasi fosse un grande anello preparato per incastonarvi una gemma. Questa è conosciuta da tempi antichissimi col nome di *Via lattea* e grecamente γαλαξίας.

6ª Ipparco avvertì l'esistenza di alcune, direi quasi, nebbiette lucide; le quali, conservando stabilmente la loro figura, partecipano al movimento diurno della sfera; e le distinse col nome di *nebulose*. La *galassia* non è quindi, che la più bella e grande nebulosa.

7ª Alcune nebulose vengono appellate *planetarie*; e son quelle, che ànno una figura o ovale, o tonda, e mandano una luce tutta uguale.

8ª Altre nebulose si chiamano *stellari*; e sono quelle, che si mostrano a un di presso rotonde, e fornite di una densità decrescente verso il contorno. Se cangiassero posto in Cielo, si potrebbero prendere per piccole comete.

9ª Herschel scoprì alcune stelle circondate da una zona chiara, o nebbietta candida, e le chiamò *stelle ad aureola*.

10ª Esistono in Cielo alcuni astri, i quali ad occhio nudo sembrano una stella sola, ma veduti col canocchiale si scompongono in due, tre, o quattro stelle distinte. Castore, per esempio, è formato di due stelle distanti 5″ tra di loro. Così dicasi della polare. Questi astri sono denominati stelle *multiple*.

11ª I medesimi chiamansi anche *stelle doppie*, o *binarie*: ma questa denominazione è più specialmente riservata a quelle stelle multiple, le quali compiono delle rivoluzioni, una intorno l'altra, in orbite regolari. Esempigrazia la γ della Vergine con un buon telescopio si divide in due stelle, una delle quali in 628 anni compie intorno all'altra un'orbita, che à una elongazione massima di 12″; e, quello che è più singolare, la distanza reciproca delle due stelle decresce continuamente.

12ª Le stelle multiple spesso sono tinte di un colore loro proprio. Aldebaran è rossa. Questi astri sogliono nominarsi stelle *colorate*.

13ª Altre stelle poi ànno uno splendore periodicamente variabile. L'ο della Balena prima sembra una stella secondaria, e più splendente dell' α e della β, e questo splendore dura 15 giorni; dopo diminuisce al punto che la stella non apparisce più che di decima grandezza; e finalmente dopo 335 giorni riprende il suo primiero fulgore. La β invece alla coda della Balena aumenta sempre di splendore. Nel 1572 una stella in Cassiopea assunse una luce più viva, che quella di Giove; e dopo esser passata dal bianco al gialligno, al giallo rossastro, ed infine al bianco piombino, si spense 16 mesi dopo la sua apparizione, senza mai essersi traslocata in Cielo. Chiamansi queste *stelle cangianti*.

14ª In certe notti serene si veggono talvolta dei punti scintillanti percorrere, a maniera di razzi, rapidamente il Cielo, e subito appresso spegnersi completamente. Sono state denominate *stelle cadenti*, e da taluno anche *asteroidi*.

II. SCOLII. 1° Ipparco, astronomo di Alessandria, un secolo e mezzo avanti l'èra volgare, classificò e numerò le stelle secondo la varia loro grandezza. Collocate pertanto nella prima categoria le più grandi di tutte, nella seconda quelle un poco men grandi, e così di seguito, ne formò sei classi: e ne numerò 15 di prima grandezza, 45 di seconda, 208 di terza, di quarta 474, di quinta 217, e 49 di sesta. Ma ritrovato e perfezionato il canocchiale, e veduto che ogni nuovo perfezionamento ne mostra un numero sempre mag-

giore, gli Astronomi disperano affatto di poterle mai numerare; e le classi sono arrivate a sedici. Anticamente le costellazioni non erano che 48: al presente se ne contano più di 100 [1]. E certamente vi sono in Cielo più di 75 milioni di stelle visibili.

[1] Daremo qui un succinto catalogo delle principali costellazioni, dividendole in tre gruppi, boreali, zodiacali, ed australi.

Costellazioni boreali. 1 *Orsa maggiore*, o *Carro*, detta dai Latini *Septem triones*. Questa non tramonta mai per Roma, ed è formata di 7 belle stelle, disposte quasi a punto interrogativo, il cui estremo superiore sembra accennare la stella polare. 2 *Orsa minore*, di 7 stelle la cui più bassa è la polare. 3 *Cassiopea*, gruppo di 5 stelle terziarie, che rimane dall'altra parte del polo rapporto al Carro. 4 *Cefeo*, di 3 stelle terziarie. 5 *Pegaso*. Il quadrato di Pegaso, formato di 4 secondarie, e quello del Carro stanno ai due lati opposti del polo, o passano al meridiano, uno 12 ore circa dopo l'altro. 6 *Andromeda*. 7 *Dragone*. 8 *Perseo*. 9 *Cocchiere* o *Auriga*: di cui fa parte la stella detta *Capretta*. 10 *Giraffa* stabilita nel 1679. 11 *Triangolo boreale*. 12 *Lince*. 13 *Piccolo leone*. 14 *Boote*, in cui si trova *Arturo*, una delle stelle più brillanti. 15 *Chioma di Berenice*. 16 *Corona boreale*. 17 *Saetta*. 18 *Lira*: la quale contiene *Vega*, bella stella primaria, che fa con Arturo e la polare un gran triangolo, di cui essa è al vertice dell'angolo retto, ed è opposta alla *Capra amaltea* rapporto al polo. 19 *Cigno* o *Croce*. 20 *Aquila*. 21 *Cavallino*. 22 *Delfino*. 23 *Serpentario*, o *Ofioco*. 24 *Serpente*, che è intorcigliato intorno ad Ofioco. 25 *Ercole*. 26 *Mosca*. 27 *Pleiadi*, che sono 6 stelle assai fitte. 28 *Iadi* costituite da 5 stelle poste sulla fronte del Toro. 29 *Lucertola*. 30 *Capo di Medusa*, in cui si trova *Algol*. 31 *Telescopio*. 32 *Volpetta*. 33 *Oca*. 34 *Cerbero*. 35 *Perla*. 36 *Quadrante murale*. 37 *Cani da caccia*. 38 *Guardiano*. 39 *Toro di Poniatowski*. 40 *Rangifero*.

Zodiacali. 1 *Ariete* collocata sotto Andromeda. 2 *Toro*, in cui trovasi una stella primaria, rossastra, chiamata *Occhio del Toro* ed anche *Aldebaran*. 3 *Gemelli*, in cui due belle stelle, sono dette *Castore* e *Polluce*. 4 *Cancro*, la meno apparente delle zodiacali. 5 *Leone*, che è un trapezio di quattro belle stelle collocate sotto l'Orsa maggiore, alla base del quale sono due stelle primarie, cioè il *Cuore* o *Regolo*, e la *Coda*. 6 *Vergine*, che racchiude una primaria detta la *Spiga della Vergine*, la quale fa un triangolo equilatero con Arturo, e la Coda del Leone. 7 *Libra*. 8 *Scorpione*, il cui *Cuore* o *Antare* fa colla Lira ed Arturo un gran triangolo isoscele, ed Arturo ne occupa il vertice. 9 *Sagittario*. 10 *Capricorno*. 11 *Acquario*. 12 *Pesci*.

Australi. 1 *Balena*. 2 *Pesce* australe, che verso orizzonte sotto l'Acquario à *Fomalhaut* o la *Bocca*, bella stella primaria. 3 *Orione*, la più bella di tutte le costellazioni. Un gran quadrilatero à le sue diagonali formate da due secondarie e due primarie, una di queste è la *spalla*

2° Herschel contò già 500 stelle doppie, le componenti delle quali non erano distanti fra loro nè anche 30''. Adesso il numero di questi astri s'innalza al di là di ben tremila.

3° Ma le nebulose quante e che cosa sono? Galileo mostrò pel primo, nel campo del suo *occhiale*, la Via lattea tutta tempestata di un numero sterminato di punti lucentissimi; ed altre nebulose sono state più tardi da altri decomposte. Anzi è opinione oggidì ricevuta presso gli Astronomi, che, ove si eccettuino le nebulose stellari e planetarie, tutte le altre sieno costituite da altrettanti ammassi di stelle, che essendo (secondo tutte le apparenze) piccolissime, non ci dànno altra mostra di sè, che quella di una lucida nebbiettà. Or bene: queste nebulose Ipparco le portò al numero di 14: ma Herschel ne à contate ben 2000. Anzi questo stesso celebre Astronomo, nel breve spazio di soli 2° sopra 15° della Via lattea, ne à numerato distintamente più di 50 mila. Talchè Zach à creduto poter asserire senza timore di sbaglio, che in tutto il Cielo debbono esistere più di mille milioni di stelle.

III. Chi innalza gli occhi al firmamento, e non vi scorge i segnali della grandezza di Lui, che lo fermò; chi contempla i cieli, e non ne ode la voce, onde narrano la gloria di Dio; chi studia gli astri, e non s'umilia dinanzi alla maestà del Creatore; o non à cuore, o l'à di fango.

destra, l'altra è il *piede sinistro* o *Rigel*. 4 *Canicola*, nella quale si trova la più bella stella del Cielo, chiamata *Sirio*. 5 *Cane minore*, nella quale si trova *Procione*. 6 *Eridano*: che è una fila di stelle serpeggianti che termina in una bella primaria *Achernar*. 7 *Lepre*. 8 *Idra*, lunga costellazione che occupa un quarto dell'orizzonte sotto il Cancro, il Leone, e la Vergine. 9 *Corvo*. 10 *Calice*. 11 *Nave degli Argonauti*, in cui trovasi *Canopo*, la più bella stella dopo Sirio. 12 *Liocorno*. 13 *Centauro*. 14 *Croce del Sud*. 15 *Lupo*. 16 *Solitario*. 17 *Canocchiale*. 18 *Altare*. 19 *Corona australe*. 20 *Gru*. 21 *Fenice*. 22 *Pavone*. 23 *Triangolo australe*. 24 *Pesce volante*. 25 *Indo*. 26 *Ape*. 27 *Camaleonte*. 28 *Zifia*. 29 *Idro*. 30 *Colomba*. 31 *Montagna della tavola*. 32 *Microscopio*. 33 *Globo aerostatico*. 34 *Orologio*. 35 *Reticolo*. 36 *Bussola*. 37 *Gatto*. 38 *Sestante*. 39 *Compasso*. 40 *Regolo o squadra*. 41 *Laboratorio chimico*. 42 *Studio dello scultore*. 43 *Macchina elettrica*. 44 *Cavalletto del pittore*. 45 *Bulino dell' incisore*. 46 *Forza di Carlo*. 47 *Arpa di Giorgio*. 48 *Macchina pneumatica*. 49 *Scudo di Sobieski*. 50 *Ottante*.

CAPO SECONDO.

FABBRICA REALE DELL'UNIVERSO.

***37. Oggetto del presente Capo e sua partizione.** — I. Grandiosi, importanti, solenni sono senza dubbio i fenomeni, e le leggi che abbiamo descritto, caratterizzato, e dimostrato fin qui. Prender notizia delle varie specie di astri, che adornano il firmamento; determinare la direzione, e l'uniformità o la varietà dei movimenti, che ci si manifestano nella sfera stellata, nei pianeti, nel Sole, nella Luna, e nelle stelle medesime; spiegare le vicissitudini delle giornate e delle stagioni, e le differenze loro nei varii siti della Terra; descrivere le eclissi Solari e Lunari, non che le fasi, per le quali trapassa ogni mese la Luna; imparare a riguardar la Terra, non come un piano su cui stia posato il Cielo, o come la parte principale del Mondo, ma come un piccolo globo sospeso senza verun appoggio nel bel mezzo dell'Universo; riconoscere nella sfera stellata una estensione ed una vastità, che a petto di lei tutto il globo terrestre si riduce ad un sol punto: ecco altrettante cognizioni, che per sè sole nobilitano lo spirito, lo sciolgono dai pregiudizii volgari, e lo sollevano alle più alte contemplazioni.

II. Ma una serie di ricerche anche più profonde, ed estese richiama la nostra attenzione. La disposizione non apparente, ma reale dei pianeti; le loro dimensioni lineari, non le angolari; la forma, e l'ampiezza vera delle loro orbite; la grandezza non relativa, ma assoluta delle singole stelle, e la loro distanza dalla Terra; se alle stelle ed ai pianeti appartengano veramente tutti quei moti, stazioni, ed anomalie che essi ci appalesano; se in fine nell'universale movimento, che avviva tutto il creato, il solo globo abitato da noi si rimanga neghittosamente in riposo. Son questi tali quesiti, che al solo annunciarli eccitano il più grande interesse; come quelli che evidentemente costituiscono la parte più sublime e riposta della scienza degli astri. È la risoluzione dell' ultimo di questi quesiti (per non dir nulla degli altri, l' importanza dei quali, se non è così grande, è per altro assai più ma-

nifesta) che sola può darci un'idea giusta del modo, in cui sono disposti nel Cielo quei corpi, ai quali noi non possiamo avvicinarci, e una vera distinzione fra i movimenti che loro appartengono in *realtà*, e quelli che sono pure *illusioni* provenienti dal traslocarci, che forse facciam noi nello spazio. Nè è irragionevole il dubitarne. Chè siffatta traslazione, quando fosse comune alle masse solide, che formano la base della Terra, alle acque degli oceani, all'aria, e alle nubi; quando cioè non alterasse affatto le posizioni rispettive degli oggetti sullunari; quando non producesse verun urto o scotimento; non potrebbe essere sentita in nessuna maniera. Come non può essere sentito il proprio movimento da chi, stando sotto coverta in un grande vascello che vola leggiero sul mare tranquillo, siede, si rizza, passeggia, gitta in aria una palla che gli ritorna in mano o gli cade ai piedi; in una parola fa nel modo medesimo tutto quello che farebbe, ove stesse sul lido.

III. Or bene: questi appunto sono i problemi, che ci accingiamo a risolvere nel presente Capitolo; il quale perciò verrà diviso in quattro Articoli. Nel primo dei quali esporremo le più celebri opinioni sul moto o fermezza della Terra, e sulla disposizione e collocazione dei pianeti. Nel secondo recheremo le molteplici prove che militano in favore della sentenza, che su tal punto è stata messa pur finalmente fuori di controversia. Nel terzo stabiliremo le leggi che, secondo la realtà delle cose, regolano i movimenti dei corpi celesti; e proporremo i metodi, coi quali si sono determinate le dimensioni lineari dei singoli pianeti, e le loro distanze reali dal Sole. Nel quarto finalmente annuncieremo quelle poche cose che possono dirsi, o almeno sospettarsi, sulla grandezza delle stelle fisse, sulla costituzione fisica degli astri, e sulla forma e vastità dell'intero Universo.

ARTICOLO I.

SISTEMI CELESTI.

*38. **Sistema caldeo e tolomaico** — I. Gli antichi Fisici, designati sotto il nome di *Peripatetici*, errarono tutto ad un tempo e per empirismo e per razionalismo. Errarono per empirismo, perchè non seppero sollevarsi sopra le più grette ed illusorie manifestazioni dei sensi: errarono per razionalismo, perchè vollero attribuire al creato non quelle proprietà e leggi, le quali, secondo tutte le più accurate e metodiche osservazioni, lo regolano e lo informano di fatto; ma quelle invece che loro sembraron più convenienti, e più nobili. Essi principiavano dallo stabilire, che la diversità delle cose dee riconoscersi dalla diversità dei loro principali accidenti o delle loro modificazioni; e quindi affermavano che il Mondo costa di due parti differentissime, in forza del seguente ragionamento. Il moto retto e il circolare sono diversissimi fra loro; questo è perfetto e quello no: perchè il moto retto, se è infinito, manca di fine e termine; se è finito, vi è alcuna cosa fuori, dove si può prolungare. Ma alla materia celeste compete il moto circolare, e alla terrestre il retto. Dunque la materia celeste è impassibile, immortale, ed eterna; la terrestre, o elementare, è alterabile, caduca, e generabile. Infatti « la corruzione e la generazione non si fa se non dove sono i contrarii ; i contrarii non sono se non tra i corpi mobili di movimenti contrarii; e questi non sono che due, il moto *dal* mezzo e quello *al* mezzo: chè quello *intorno* al mezzo non à contrario. Che più? La sensata esperienza ci mostra, dicon essi, come in Terra si fanno continue generazioni, alterazioni,...; delle quali, nè per senso nostro, nè per memorie degli antichi, se n'è veduta veruna in Cielo». Dunque la Terra è posta realmente nel centro dell'Universo. Imperocchè « le cose men nobili, più impure e vili la ragione e il senso insegnano che stanno locate ne'luoghi più inferiori e bassi e le più nobili ne' più eminenti e supremi. Ma la Terra è l'infima di tutti i corpi naturali, adunque la mole

terrena è nell'inferior luogo del Mondo, che è il centro di esso. Di più, se la Terra non fosse nel centro del Mondo non sarebbero gradatamente locati prima i corpi gravi, e sopra di essi i leggieri, ed ultimamente i non gravi nè lievi. Finalmente le cose gravi tendono al centro del Mondo, ma esse tendono al centro della Terra; dunque il centro della Terra è il centro del Mondo. Nè è possibile, che la Terra si muova. Dacchè, se si muovesse o in sè stessa stando nel centro, o in cerchio essendo fuor del centro, tal moto sarebbe violento: perchè se fosse naturale, lo avrebbe anche ogni sua particella, che si muove solo di moto retto. Dunque non potrebbe essere sempiterno; ma l'ordine del Mondo è sempiterno; la Terra rimane dunque eternamente ferma, ed è di sua natura immobile. Inoltre la Terra è un corpo semplice, e ai corpi semplici non può convenire che un moto semplice, cioè o retto o circolare. Ma non le conviene il moto circolare, che essendo il più perfetto conviene solamente alla quinta sostanza inalterabile ed eterna; non il retto verso il centro, perchè è già lì, nè verso la circonferenza, perchè tal moto non conviene che ai leggieri, ed essa è pesante; dunque la Terra è fissa ed immobile al centro dell'Universo. Il quale è di forma sferica; unica che agli omogenei e similari corpi convenga; tanto più che questa è la più capace a contenere altri corpi (il che è ufficio del corpo celeste); insegnando i Geometri, che sotto la stessa superficie il corpo sferico è il maggiore. Le stelle poi, le quali non sono nè gravi nè lievi, devono essere tutte conficcate in una sfera solida, e da questa sono sostenute e ravvolte in giro da oriente verso occidente. E poichè la semplicità e perfezione dei corpi celesti interdice loro di muoversi di più di un solo moto proprio e naturale; tanti debbono essere gli orbi celesti, quanti sono i movimenti diversi che negli astri appariscono. Dunque il Sole, la Luna, e gli altri cinque pianeti sono raccomandati ciascuno ad una sua sfera solida, ritraentesi dal moto universale, e tanto più grande e lontana, quanto è maggiore il tempo dell'intera rivoluzione del pianeta, la quale è in fatto inversa alla diurna, cioè al moto della sfera stellata. »

II. I Caldei aveano fino da tempi antichissimi ideato, che

intorno alla Terra (fig. 32.) immobile e centrale (T) si ravvolgessero incessantemente prima la Luna ☽, poi Mercurio ☿, indi Venere ♀, poscia il Sole ⊙ (S), appresso Marte ♂, Giove ♃, Saturno ♄, e infine l'ottava sfera, la stellata. Perciò Aristotile ed i Peripatetici suoi seguaci, coerentemente alle loro teorie più che un poco arbitrarie, delle quali abbiamo fatto cenno or ora, dapprima adottarono, e ragionarono a loro modo il sistema caldaico. Ma sopraggiunta la scoperta della precessione degli equinozii, per non attribuire più di un moto ad una sfera sola, all' ottava sfera, cioè alla stellata, fu assegnato quello di precessione; e si decise esistere una nona sfera, che si chiamò *primo mobile*, incaricata d'imprimere il moto diurno a tutte le sfere inferiori. E però fra i pianeti « il moto di Saturno è più tardo, perchè, come più vicino al primo mobile, viene dalla rapidissima velocità di quello più potentemente impedito; e secondo che gli altri più da tale impedimento o ritardanza da quel primo causata si allontanano, così il moto lor naturale è più celere [1]. »

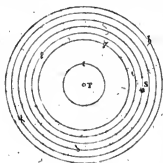



Fig. 32.

* III. Ma come ànno luogo nei pianeti le loro anomalie, cioè l'apogeo, il perigeo, i moti diretti, i retrogradi, e le stazioni? L'apogeo e il perigeo proviene da ciò, che il pianeta non percorre precisamente un'orbita avente per centro la Terra, ma un piccolo circolo, chiamato *epiciclo*, il cui centro scorre per l'orbita sopraddetta. Il Sole e la Luna in ogni loro rivoluzione sono una sol volta apogei ed una perigei; perchè compiono l'epiciclo nel tempo stesso, in cui questo fa un' intera rivoluzione per l'orbita. Infatti, ammessa questa ipotesi, il Sole (fig. 33.) in un dato istante si troverà tutto ad un tempo e sull'epiciclo (M) e sull' orbita (cioè in A); ed

1 Vedi Galileo. Dialoghi intorno ai due massimi sistemi del Mondo.

allora starà alla distanza media dalla Terra. Ma dopo circa tre mesi l'epiciclo si sarà traslocato (in N), ed il Sole intanto avrà percorso un quadrante su questo; e però starà (in B) totalmente dentro il cielo suo, ossia al perigeo. Dopo altri tre mesi l'epiciclo avrà travalicato un uguale arco (giungerà in P) ed il Sole dopo essere trascorso per altri 90° di epiciclo si troverà (in C) di nuovo sul suo cielo. Quindi allorchè il centro dell'epiciclo, dopo altri tre mesi, si sarà collocato in un punto (Q) diametralmente opposto a quello (N) occupato sei mesi innanzi, il Sole si troverà (in D) alla massima distanza dalla Terra (T), ossia all'apogeo. Finalmente il Sole dopo un anno ritornerà sull'orbita, ossia alla distanza media. Anzi per quella metà (MNP) di orbita, in cui il moto (ABC) del Sole cospira con quello dell'epiciclo, la velocità sua sarà maggiore; sarà invece minore nell'altra (PQM).

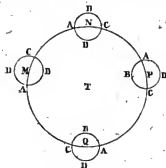



Fig. 33.

Quanto poi agli altri pianeti, basta supporre che essi percorrano più volte l' epiciclo, durante la rivoluzione del centro di questo per la circonferenza dell'orbita, e saranno spiegati eziandio i loro moti diretti, i retrogradi, e le stazioni. Infatti (fig. 34.) pongasi che Giove, percorra dodici volte l' epiciclo (ABCD) intanto che il centro di questo scorre una sola volta per l'orbita (MNPQ...). È chiaro che il pianeta per una metà (ABC) dell' epiciclo procederà secondo l'ordine dei segni, ossia diretto, e per l'altra metà (CDA) andrà contro l'ordine medesimo, vale a dire retro-

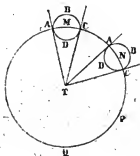



Fig. 34.

grado. È manifesto ancora che quando il pianeta, nel passare dal moto diretto al retrogrado e viceversa, scorrerà per quegli archi (A, C) che si confondono fisicamente colle tangenti (AT,CT) mandate dalla Terra all'epiciclo, corrisponderà per un certo tempo al medesimo punto di Cielo, e sembrerà stazionario. Di più nel tempo del moto diretto sarà apogeo, e perigeo nella retrogradazione. Ma come si spiega, che vi sono apogei e perigei maggiori e minori? Perchè il cielo, su cui scorre l'epiciclo, non à per centro la Terra; e però fu chiamato *eccentrico*. Finalmente com'è che l'apogeo massimo, e il perigeo minimo accadono successivamente in diversi punti dell'orbita? Per la ragione, che intorno alla Terra (fig.35.) trovasi un circoletto (HK), sulla cui circonferenza scorre il centro (H) dell'eccentrico (MNP...), il quale alla sua volta è percorso dal centro (M) dell'epiciclo (ABC..), che è la via battuta annualmente dal pianeta. Queste risposte o soluzioni si debbono a Claudio Tolomeo della Tebaide, vissuto nel secolo secondo dell'èra cristiana; il quale avendo adottato il sistema caldeo, v'introdusse queste modificazioni, e lo pubblicò nel suo Almagesto. E però la sua ipotesi ebbe nome sistema tolomaico.

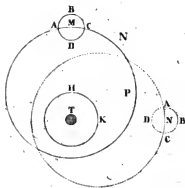



Fig. 35.

* IV. Ma quasi questo non fosse ancora bastantemente complicato, quando più recentemente si fece l'invenzione della nutazione dell'asse, gli Alfonsini imaginarono che non altrimenti la nona, ma sibbene una decima sfera dovesse essere il primo mobile e che la nona si occupasse realmente di questo moto, che essi dissero *trepidazione delle fisse*. Pel quale i punti equinoziali ora si avanzano un poco verso occidente, ed ora ritornano verso oriente; e quindi gli anni

tropici ora sono più lunghi ed ora meno. A questo modo il sistema del Mondo divenne una così strana ed arbitraria cosa, che lo stesso Alfonso Re d'Aragona ebbe a dire che, se nel dì della creazione si fosse trovato al fianco dell' Onnipotente, gli avrebbe potuto suggerire un'idea molto più semplice. Ecco a quali risultati dovea pervenire un falso metodo nel filosofare.

39. Sistema italico e copernicano. — * I. Nella scuola fondata in Sicilia da Pitagora si professò anticamente, cioè un quattro secoli e mezzo avanti l'èra volgare, un' opinione sulla reale forma dell'Universo, la quale costituisce la base del sistema che oggi è comunemente abbracciato. Imperocchè Pitagora, Eraclide Pontico, Filolao maestro di Platone, e questi medesimo, come riferisce Aristotile, pensarono che la Terra girasse. Lo stesso fu creduto da Aristarco Sancio, come abbiamo presso Archimede, e forse dal medesimo Archimede, e da Niceta, di cui parla Cicerone, e finalmente da Seneca, il quale nel libro *De Cometis* ci avverte doversi con diligenza cercar di venire in certezza se sia il Cielo o la Terra, in cui risegga la diurna conversione. Ma più tardi prevalse la dottrina aristotelica professata tenacemente dagli Scolastici, ed il sistema della scuola pitagorica e della scuola romana giacque per lungo tempo universalmente abbandonato.

II. Si dice che un certo Domenico Maria Novara ferrarese sul cader del secolo XV lo facesse rivivere, insegnandolo nell'Università di Bologna. Nicola Copernico polacco, studente allora appunto in quell'Università, se ne invogliò, lo compiè, e corredò di fondate ragioni. E quando poi, lasciata la Cattedra dell' Archiginnasio romano, ed accettato un canonicato in Varmia, (e ciò avvenne nel principio del secolo XVI) ebbe agio di esporlo e pubblicarlo, provò come il sistema pitagorico rispondesse a capello a tutte le apparenze, escludesse ogni idea strana, ed evitasse tutte le complicazioni del tolomaico. Egli staccandosi dalla gretta relazione de' sensi, e rigettando i principii astratti ed arbitrarii degli Scolastici, suppose il Sole fermo al centro del movimento di tutti i pianeti; ed invece ammise che la Terra si movesse diurnamente intorno al proprio asse, ed annualmente, alla maniera di un pia-

neta, girasse per un' orbita racchiusa fra quella di Marte e quella di Venere, e giacente nel piano dell'eclittica. Insomma il sistema proposto da Copernico, e però detto copernicano, consiste nell' ammettere che (fig. 36.) intorno al Sole (S) circoli primo Mercurio ☿, poi in un' orbita più grande Venere ♀, quindi la Terra ♁, e intorno a questa la Luna ☽, e più in là, intorno al Sole, Marte ♂, Giove ♃, Saturno ♄; che tutti i pianeti rotino intorno ad un proprio asse; che la Terra compia questa rotazione in un giorno siderale, donde l'apparenza del moto comune di tutti gli astri; e che finalmente l'asse terrestre in 25868 anni descriva due coni opposti al vertice: e quindi la precessione degli equinozii.

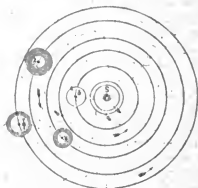



Fig. 36.

*III. Sorse più tardi Galileo, e riconosciuto questo sistema, come in tutto conforme alle sue scoperte, se ne fanatizzò; e rendutosene troppo caldo ed imprudente [1] patrocinato-

[1] Convien riconoscere che chi à contribuito più d'ogni altro alla pronta propagazione del sistema copernicano, ed al perfezionamento delle sue prove, è stato Galileo Galilei: sebbene si debba d'altra parte confessare, che questi colle sue imprudenze nocque assai, disturbando le coscienze prevenute universalmente in contrario, ed involontariamente contribuendo in un momento il più critico all'intronizzazione dello *spirito privato, e della libera discussione;* ed al disprezzo di ogni autorità sugli intelletti. Dico questo per premunire i miei scolari, affinchè non cadano nella comune leggerezza, per non dire malignità, colla quale ogni qual volta ritorna il discorso sul sistema copernicano, tutti quelli che ànno una semplice infarinatura in fatto di scienze naturali e di storia (e perfino le donne) credono di farsi belli, e di passare per istruiti esclamando, dopo un affannato sospiro di compassione,– povero Galileo!–; oppure ripetendo con riso ironico e cipiglio beffardo il notissimo –e pur la gira–. Senza punto vedere che con ciò fanno mostra della più grossolana ignoranza su questo fatto storico; accettando come oro di coppella le più insussistenti calunnie, inventate contro Roma, e la Santa Sede. Ed in

re, gli diede subitamente gran voga. Esso prese di fronte con un ardire senza freno tutti i dommi degli aristotelici. Opponeva loro la stella (38. I. 13ª) che nel 1572 apparve in Cassiopea, e sparì dopo 16 mesi, e l'altra stella apparsa nel

verità essi così mostrano di ignorare: 1° Che il sistema celeste non è di Galileo, ma di Copernico, il quale lo apprese a Bologna da Domenico Maria Novara, e lo professò apertamente qui alla Sapienza ben 133 anni prima che Galileo fosse inquietato: 2° Che Copernico fu indotto a scrivere l' Opera, dove espone e prova il sistema, perchè qui in Roma fu accolta con molto favore la – Notizia di un manoscritto di Copernico – cui Retico suo discepolo stampò nel 1540; anzi la scrisse a richiesta di Nicola Schonberg Cardinale capuano, e di insigni prelati: 3° Essere tanto vero che Roma se la prendesse non colla dottrina pitagorica, o copernicana, ma col metodo tenuto da Galileo nel propagarlo; che dell' opera di Copernico accettò la dedica il Papa Paolo III; e fecero molti elogi il Papa medesimo, Nicola V, Clemente VIII, i Cardinali Cusa (nella sua Opera – De docta ignorantia –), Cesarini, il sopraddetto Schonberg, e più tardi i Cardinali Conti ed Orsini; e se ne fecero sostenitori un Diego da Stunica, illustre teologo agostiniano di Salamanca, ed un padre Foscarini Carmelitano, un padre Castelli, un monsignor Ciampoli; e Papa Clemente VII regalò un codice greco a Gian Alberto Widmenstadt, quando nel 1633 in presenza sua e di due Cardinali ė di molti illustri personaggi espose il sistema pitagorico: 4° Che la Sacra Inquisizione è un Tribunale di salute pubblica religiosa; e però, come una commissione sanitaria può proibire la vendita di una certa famiglia di funghi, quando sia creduta velenosa, e può in tempo di colera, mettere i cordoni, quando vi sia solo a temere della sua indole contagiosa; così il Santo Uffizio potè ai tempi di Galileo proibire la lettura di Copernico, e di Keplero per tranquillizzare gli spiriti, e cessare lo scandalo che di fatto ne nasceva: 5° Che l' opinione dei Teologi di quei tempi, la quale era pure l'opinione pubblica, che cioè il moto della Terra si opponesse alle espressioni della S. Scrittura, non era finalmente che un' opinione, e finchè gli eretici non possono opporre alla Chiesa Cattolica, che qualche rarissimo errore di taluna sua scuola, di un piccolo numero di dignitarii ecclesiastici, e di qualche Sacra Congregazione, mostrano con un argomento negativo, che dunque le *definizioni* solenni della Chiesa sono state fin qui infallibili: 6° Che il severo precetto, fatto a Galileo per mezzo del Cardinal Bellarmino, non fu già di rinunciare al sistema copernicano, ma di difenderlo solo come un'*ipotesi;* al qual proposito: « A torto, dice Cagnoli (Notizie Astronomiche paragrafo 299), mi sembra che si lagnassero alcuni di quella sentenza dei romani teologi: non si dover sostenere publicamente la rotazione della Terra se non come ipotesi »: 7° Che le prove addotte da Galileo non davano certezza, ma semplice probabilità; e però non dovea piegarsi ad esse (come pretendeva Galileo medesimo) il senso della

1604, quali corpi nuovi e variabili generati nelle immutabili ed inalterabili sfere celesti; mostrava col suo occhiale le macchie del Sole e della Luna, evidenti imperfezioni della perfettissima materia eterna; facea valere la sua felice

Scrittura, ed in ogni caso, quando si fosse dovuto recedere dal senso letterale, ciò non dovea decidersi dai particolari, ma dalla Chiesa: 8° Che Galileo prima di essere condannato avea commesso molte imprudenze, ed usato modi che meritavano una efficace repressione; « trattò gli avversarii con zelo acerbo » confessa lo stesso Libri contrario a Roma; « Galileo si era fatto una folla di nemici pel modo accanito con cui egli trattò gli avversarii. Imperocchè flagellò gli aristotelici non rigorosamente, ma ferocemente, ed agli attacchi replicò sempre con sarcasmo spietato, e gli assalì talvolta senza rispetto all' ingegno e alla sventura; basti nominare Torquato Tasso.» Così Cesare Cantù (Tomo IX. Lib. XV. Capo XXXVI): 9° Che Galileo si rese colpevole per molti falli; giacchè mancò alla parola data al Cardinal Bellarmino di sostenere il sistema non come tesi incontrovertibile, ma solo come ipotesi; giacchè disubbidì all' intimazione avuta, stampando non a Roma, ma a Firenze, non in latino, ma in italiano i suoi Dialoghi, dopo che erano state proibite tutte le opere scritte in difesa del moto della Terra; giacchè mise in caricatura, e in bocca dell'ignorante Simplicio le ragioni recategli confidenzialmente in contrario da quell'Urbano VIII, che avea scritto un Breve al Gran Duca di Toscana per raccomandarglielo, ed avea assegnato una pensione a lui stesso, ed a suo figlio, e da Cardinale lo avea encomiato per le stampe; giacchè Galileo non cessava dall'insistere e pretendere che la Scrittura venisse interpretata a seconda di un'opinione tuttora incerta ed a quei tempi universalmente derisa; e in ciò racchiudevasi il pericolo, che i particolari si arrogassero il diritto di interpretare la Bibbia a lor talento: 10° Che le misure prese contro Galileo non aveano per iscopo di impedire che si studiassero i fenomeni naturali, ma di gastigarlo delle sue mancanze, e di impedirgli di perseverare nel mal vezzo di disturbar le coscienze ed eccitare continui tumulti, trattando di queste cose in pubblico e davanti a gente incompetente: 11° Che durante il processo Galileo fu trattato in un modo, specialmente per quei tempi, mitissimo, e con mille riguardi, nè sopportò già la tortura (come si è sognato qualche secolo dopo contro le parole stesse del processo, e l'invitto argomento ricavato dall'inusitato silenzio dell' Ambasciatore toscano), nè il carcer duro; ma venuto in lettiga e a tutto suo gran comodo (cioè in 25 giorni) a Roma nell'Aprile del 1633, alloggiò presso il Marchese Niccolini Ambasciatore di Toscana nel palazzo a Villa Medici, e dal 13 al 30 Aprile (dovendosi trattenere a S. Ufficio per subire l'interrogatorio, e dare la risposta cattolica) abitò le stanze cedutegli dal fiscale, ebbe libertà di passeggiare ed un servitore a sua disposizione: 12° Che in pena delle sue impertinenze fu condannato (horresco referens!) a recitare per tre anni i sette salmi penitenziali una

scoperta dei satelliti di Giove, i quali non circolano certamente intorno alla Terra, come una irrepugnabile analogia; e trionfava spiegando colla più grande semplicità le fasi, e le doppie congiunzioni dei pianeti inferiori manifestatesi al suo telescopio.

volta alla settimana; e per precauzione, ad impedire cioè i tumulti e la pubblica agitazione, dovette restare rinchiuso per pochi giorni alla detta Villa della Trinità de' Monti; donde passò a Siena presso il Vescovo di quella città Monsignor Piccolomini, e nel Decembre dell' anno stesso, terminata la peste di Firenze, potè esser licenziato a tramutarsi alla sua villa di Arcetri presso Firenze medesima, dove non cessò mai di essere circondato da'suoi scolari, e visitato dai dotti di ogni nazione, e dove morì tranquillamente nell'età di ben 77 anni: 13.° Che Galilei, sebbene in questo affare abbia tenuta una condotta per varii capi riprensibile, fu per altro sincero cattolico, ed approvò esso medesimo nelle sue lettere pubbliche e private il contegno tenuto con essolui, ed il silenzio impostogli; come apparisce da molti documenti, e fra gli altri dalle seguenti sue espressioni « Si promulgò (*V. Dialoghi di Galileo*) gli anni passati in Roma un *salutifero* editto, che, per ovviare ai *pericolosi scandali* dell'età presente, imponeva *opportuno silenzio* all'opinione pitagorica della mobilità della Terra. Non mancò chi *temerariamente* asserì quel decreto essere stato parto non di giudizioso esame, ma di passione troppo poco informata; e si udirono querele, che i consultori totalmente inesperti delle osservazioni astronomiche non doveano con proibizione repentina tarpar le ale agli intelletti speculativi. Non potè tacere il mio zelo in udire la *temerità* di siffatti lamenti. Giudicai come pienamente istrutto di quella *prudentissima* determinazione, comparir pubblicamente nel teatro del mondo, come testimonio di sincera verità.,.. Pertanto è mio consiglio mostrare alle nazioni forastiere, che di questa materia se ne sa tanto in Italia, e particolarmente in Roma, quanto possa mai averne immaginato la diligenza oltramontana,...... e che escono da questo clima non solo i dogmi per la salute dell'anima, ma ancora gli ingegnosi trovati per delizia degli ingegni. » Chiunque non ignora tutte queste cose fra le molte altre che (volendo trattare la cosa ex professo) potrebbero aggiungersi, e non à preso il partito di perfidiare per malizia contro Roma, perchè è il centro del cattolicismo, si astiene dal trarre sì alti guai pel povero Galileo. Accennai pensatamente all' odio contro il cattolicismo. Infatti, com' è che nessuno si lagna di quello che ànno sofferto tanti scienziati per colpa degli eretici, e dei pagani? E che! forse mancherebbero ragioni di giuste lagnanze? Non è mia intenzione prolungare davvantaggio questa oramai troppo prolissa, sebbene sinottica, annotazione; e perciò, ed anche per limitarmi al tema del moto della Terra, non mi fermerò a ricordare nè Socrate, che tenendo appressato alle labbra un bicchiere di cicuta disputa sull'immortalità, nè Catone Uticense, che col pugnale al petto legge i suoi scritti

* IV. Frattanto il sistema copernicano ebbe un altro validissimo sostegno in Kepler, il quale, eliminati gli epicieli, gli eccentrici, e i circoletti, spiegò le relative anomalie colle orbite ellittiche. Allora fu che la diserzione dai pregiudizii degli Scolastici non ebbe più ritegno veruno; e in pochi anni il sistema tolomaico perdè ogni seguace di vaglia.

* V. Quando più tardi si fece la scoperta della nutazione dell'asse, e della aberrazione, se ne assegnò una facile spiegazione, ricorrendo alla velocità della luce confrontata con quella della Terra, ed alla supposizione di un piccolo barcollamento della Terra medesima; del quale posteriormente si è ritrovata perfino la cagione. Dopo si scoperse Urano, e si dovette riconoscere che al di là di Saturno circola quest'altro pianeta parimente intorno al Sole. Alla scoperta degli asteroidi, i quali evidentemente percorrono orbite racchiuse fra quella di Giove e quella di Marte, fu in qualche

Fig. 37.

sul medesimo soggetto, nè il pubblico decreto de' Maestrati di sterminare il libro di Platone sull'argomento stesso, perchè eccitante di fatto al suicidio, nè Grozio e Tommaso Moro languenti nelle carceri dell' inquisizione protestante; domanderò solo, perchè nessuno muove lamenti per quello che sofferse l' immortale Kepler per parte degli eretici, e appunto per aver difeso il sistema copernicano? domanderò perchè, quando si nomina Pitagora il primo autore, certamente non felice, di tal sistema, nessuno esce mai ad esclamare – povero Pitagora! –? domanderò perchè tutti, anche i fanciulli e le femmine, sanno la storia esagerata, iperbolica, e falsa della condanna di Galileo; e per contrapposto la notizia delle condanne e delle sofferenze degli altri arriva comunemente nuova anche alle persone, che passano per erudite? Forse perchè le storie sono oscure su tali argomenti? Forse perchè i patimenti di quei grandi, che ò nominati, furono inferiori a quelli del Galilei? Il perchè vero è proprio quello, che ò detto: nei maliziosi è l'astio contro la Religione; nei pappagalli (e sono i più) è la ignoranza.

modo empiuta la lacuna od intervallo sproporzionato fra queste due. Ma quando Newton spiegò il movimento dei pianeti per la teoria della gravitazione universale; quando si dimostrò la diminuzione del peso dei corpi ed il rigonfiamento della Terra all' equatore; quando si ritrovò *a priori* che al di là di Urano deve circolare, come circola di fatto, un altro pianeta, cioè Nettuno; l'ipotesi copernicana acquistò la dignità di vero teorema, e tutte le altre prove, che si sono venute sempre più accumulando nei tempi recenti ed anche a' giorni nostri, non ànno potuto servire che come conferma di una verità, la quale già non ammetteva più controversia.

40. Sistema egiziano e ticonico. — I. Prima che Galileo scrivesse i suoi dialoghi, cioè sullo scorcio del secolo XVI, Ticone Brahe svedese, tenace nel pretendere la Terra immobile, e restio ugualmente ad acconciarsi alle complicazioni arbitrarie di Tolomeo, riformò e riprodusse in Danimarca un antico sistema tenuto già dagli egiziani. Questi aveano escogitato (fig. 37.), che Mercurio ☿ e Venere ♀ girassero, a guisa di due satelliti, intorno al Sole (S); e che tutti gli altri pianeti, principiando dalla Luna ☾, senza escluderne il Sole stesso, girassero intorno alla Terra (T).

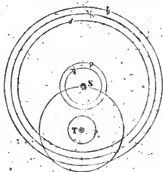



Fig. 38.

II. Ticone adottò questa massima; e dalla necessità di spiegare i fenomeni analoghi dei pianeti superiori fu trascinato a dare quasi il vero sistema del Mondo. Perchè (fig.38.) lasciata la sola Luna ☾ a circolare intorno alla Terra (T), ebbe il Sole (S) per centro delle orbite non solo dei pianeti inferiori ☿ e ♀, ma anche di Marte ♂, di Giove ♃ e di Saturno ♄. Era fatto un gran passo: ma l' apparenza dell' immobilità della Terra la vinse sulla ragione; e si suppose che il Sole, trascinandosi appresso tutti i Pianeti, circolasse ogni 24 ore intorno alla Terra

secondo il moto universale di tutte le stelle, ed ogni anno compiesse l'ecclittica. Così per liberare la Terra dal moto diurno, che, dove è massimo (cioè all'equatore) non è più di 15 miglia a minuto, si concedeva al Sole il movimento di 356 miglia ogni minuto, ed alle stelle, supposto che si trovino alla più grande vicinanza possibile, la inconcepibile velocità di settantaquattro mila milioni di miglia nel tempo stesso. Ma questo sistema ebbe corta vita, perchè presto prese voga il sistema copernicano, che appunto passeremo a dimostrare nel seguente Articolo.

III. Ecco dunque che, dopo sei mila anni di osservazioni e di studii, l'uomo non sapeva ancora come fosse fatta quella abitazione, che gli fu conceduta, durante la sua carriera mortale! E poi è tanto superbo da diprezzare gli ammaestramenti e le rivelazioni di Dio medesimo!

ARTICOLO II.

DIMOSTRAZIONE DEL SISTEMA COPERNICANO.

41. Rotazione della Terra comprovata dai fenomeni diurni.— I. SCOLII. 1° Il sistema copernicano non ammette più dubbio veruno, ove si possano dimostrare le tre seguenti proposizioni. I. Il moto diurno appartiene alla Terra. II. Alla Terra parimenti spetta il moto annuo. III. La Luna circola intorno alla Terra, tutti i pianeti primarii si ravvolgono intorno al Sole, e tutti i satelliti intorno ai loro primarii.

2° Prima di recare in mezzo gli argomenti in favore della rotazione della Terra è necessario accertarsi, che tale ipotesi non contraddice ai fatti. Or questo è manifesto a chi ben consideri, che le stesse apparenze debbono aver luogo sia che realmente tutti gli astri, non esclusi il Sole e la Luna, nascano diurnamente in oriente, si sollevino al meridiano, e tramontino in occidente; sia che, stando ferme tutte le stelle o movendosi i pianeti lentamente per l'orbita loro, la Terra invece si ravvolga ogni 24 ore siderali da occidente verso oriente intorno ai suoi due poli.

II. PROPOSIZIONE. *Il moto diurno appartiene alla Terra.*

Dimostrazione. Questa possiamo dividere in tre parti provando I. che i fenomeni stessi rendono plausibile tale ipotesi; II. che questessa à in suo favore l'analogia; III. che anche le esperienze la legittimano.

1ª Ove di fatto la cosa fosse così, come diciamo, qual altro argomento potrebbe aversene più stringente dei fatti stessi? Noi non possiamo sollevarci sull' atmosfera, e recarci fuori del nostro sistema planetario per vedere di colassù, se la Terra stia ferma o si muova. Costretti a strisciare su questo globo, ed immersi nell'atmosfera, siamo nel caso di colui che trasportato equabilmente in un bastimento crede di star fermo, intanto che dal lido il suo bastimento è veduto muoversi rapidamente. Anzi in tal caso non v' à miglior argomento per concludere il proprio moto colla nave, che il fatto dell' apparente moto del lido, a cui partecipano mille oggetti dotati di moto proprio. Vale a dire che, se (trovandoci noi stessi sopra un bastimento) scorgessimo molte persone passeggiare sulla spiaggia, e ciascuna tenere una direzione diversa, e intanto tutte sembrassero partecipare ad un altro movimento comune anche alle terre e alle città, secondo quel di Virgilio « Provehimur portu, terraeque, urbesque recedunt » dovremmo inferirne, che dunque noi siamo in movimento colla nave, e che quel moto universale non è che un' apparenza. Ora non è ciò appunto che si manifesta in Cielo? I pianeti, le comete, le stelle multiple, sebbene mostrino un diverso e proprio movimento, non partecipano forse esattamente al moto universale diurno di tutti gli astri? Dovremo dunque parimente dedurne, che noi rotiamo giornalmente insieme colla Terra, e che quel movimento comune a tutti gli astri è una pura apparenza.

2ª Viene a corroborare tal deduzione l' argomento di analogia. Infatti la Terra, per quanto si voglia suppor ferma al centro del sistema planetario, ciò non ostante è un globo sospeso nello spazio, come sono i pianeti; sta fra questi; à una grandezza intermedia alla loro; è come essi opaca ed illustrata dalla luce del Sole; e veduta alla distanza delle stelle si riduce anch' essa ad un punto. Ora non può dubitarsi che tutti i pianeti (**27.** I. 3ª), la Luna (**23.** II. 4ª), e il Sole medesi-

mo (**22**. III. 2ª) non sieno animati da un movimento di rotazione intorno ad un loro diametro. Per quale singolar privilegio adunque essa sola potrà sottrarsi a tal legge universale?

3ª Ma l'argomento oggidì più famoso è quello così detto della *deviazione del pendolo*, trovato pochi anni fa da Foucault. Abbiamo già accennato (ciò che a suo luogo si dimostrerà) che il filo a piombo, quando è in quiete, segna una linea verticale; ed è un fatto ovvio che, se il suo capo superiore stia fisso in un punto, che allora si chiama *punto di sospensione*, ed il capo inferiore si sposti dalla verticale e poi si abbandoni a sè stesso; il pendolo si mette a dondolare di qua e di là dalla verticale medesima, descrivendo tanti settori, che vengono successivamente restringendosi in ampiezza, ma che debbono giacere tutti in un medesimo piano, ad onta che il punto di sospensione si ravvolga intorno a sè stesso. Il che per altro

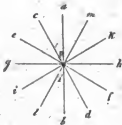



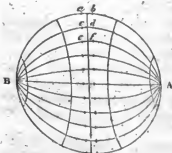
Fig. 39.

è vero quanto allo spazio assoluto, non quanto al relativo. Perchè, se si supponga che un pendolo sia collocato nel mezzo di un tavolino rotondo, volubile orizzontalmente intorno ad un suo piede centrale, e poi sia determinato ad oscillare (nella direzione di uno fra i molti raggi condotti dal centro del tavolino stesso) parallelamente ad una parete della camera, intanto che anche il tavolino si determina a rotare intorno al piede verticale; il piano di oscillazione quanto alla camera, o in sè medesimo, non si sposta; ma quanto al piano del tavolino cangia sempre sito, cioè passa su tutti i raggi segnativi. Dunque, se si potesse andare ad un polo terrestre e porvi in oscillazione un pendolo,

Fig. 40.

supposto che la Terra roti diurnamente intorno ai poli, là il piano di oscillazione dovrebbe in 24 ore siderali corrispondere a tutti i raggi, che si vogliono supporre tracciati sul pavimento. In altri termini imaginando segnato sul terreno al polo della Terra (fig. 39.) il coluro degli equinozii (*ab*), e che là si faccia oscillare il pendolo nel piano di questo (cioè secondo *pq*); poichè nel corso del giorno il coluro andrà a prendere tutte le possibili posizioni (*cd*, *ef*, *gh*,.....) intorno al polo, il piano d'oscillazione, col solo restar fisso (in *pq*), sembrerà aggirarsi nel senso inverso (e passare in *ml*, *ki*, *hg*,...). Ma per la rotazione diurna della Terra il coluro devia di 15° a ora. Dunque il piano d'oscillazione sembrerà appunto deviare ogni ora di 15°. II. Non avverrebbe altrettanto all'equatore terrestre. Perchè dato che colà si faccia dondolare il pendolo (fig. 40.) secondo il meridiano (*p q*), nelle altre ore oscillerà secondo il meridiano medesimo, traslocandosi (sopra *ab*, *cd*, . . .) senza deviazione veruna. III. Per conseguenza nei paesi situati tra questi due estremi dovrà accadere una cosa intermedia; ossia il pendolo dovrà deviare tanto meno di 15° a ora, quanto si trova più prossimo all'equatore. Imperocchè quanto grande è l'angolo che forma con due sue posizioni successive la linea meridiana, nella quale si suppone che oscilli il pendolo in un dato sito, altrettanto grande è la deviazione. Ora nel giro delle 24 ore la linea meridiana di un dato sito fa una somma di angoli, la quale è tanto più piccola di 360°, quanto il sito, a cui essa appartiene, dista di più dal polo. Infatti rappresentando con ERAB (fig. 41.) la Terra, con C il suo centro, con BAP l'asse del mondo, e con EQ l'equatore; e di più tracciato in R, R', R'',.... un parallelo all'equatore avente il suo centro in C'; si supponga che un pendolo sia posto in R ad oscillare secondo la meridiana MN. Questa prolungata indefinitamente incontra certo l'asse del mondo AB, per esempio in I, e nel corso del giorno siderale passa pel moto della Terra in R'I, R''I, . . . Laonde tal meridiana fa con sè medesima una somma di angoli RIR' + R'IR'' + R''IR''' +.... la quale differirà tanto più da 360°, quanto l'angolo RIC differisce più da 90°: chè solamente al polo (fig. 39.) quella somma sarà proprio 90°. Ma condotte

da C (fig. 40.) due rette, una CE all'equatore, l' altra CR al parallelo, gli angoli ECR, ed RIC sono uguali, perchè formati da lati rispettivamente perpendicolari. Dunque la somma di tutti gli angoli (fatti dalla deviazione del pendolo in un giorno siderale) è tanto minore di 360°, e però l'angolo fatto in un' ora è tanto minore di 15°, quanto il sito R dista di più dall' equatore. Si dimostra col calcolo [1] che a Roma questo

[1] Il calcolo dapprima proposto era superiore; ma dall' autore di quest'opera fu nel 1851 ridotto ad elementare; e nel pubblico Saggio dato dagli scolari della Pace in presenza del più chiari Professori romani, fu esposto a un di presso nel seguente modo. Si prenda sul parallelo RR' R''.... un arco di 15'', e si conduca la meridiana RI; il punto R, ove si suppone, che principii ad oscillare il pendolo, dovrà traslocarsi per la rotazione della Terra dopo appunto 1" in R': perchè la Terra percorre 15° a ora, 15' a minuto, 15'' a secondo; e però il 15 può rappresentare la velocità angolare della Terra. Giunto il pendolo in R', il piano d'oscillazione pel suo parallelismo si troverà traslocato in R'D, e la deviazione colla meridiana sarà IR'D, o, ciò che è lo stesso, RIR', che chiameremo δ. Si cerca il rapporto di quest'angolo coll'angolo orario RR', ossia RC'R' che denomineremo v. È chiaro che i due angoli RC'R', RIR', vertici di triangoli isosceli posati sulla stessa piccolissima base RR', stanno fra loro inversamente, come le distanze dei vertici dalla base comune, o come i rispettivi lati; vale a dire RIR' : RC'R' $= \delta : v ::$ RC' : RI. È manifesto parimente che RC' è seno dell' angolo RIC = RCE, cui diremo λ; e però RC' = RI. sen. λ. Onde sarà $\delta : v ::$ RI. sen. λ : RI :: sen. λ : 1. E però $\delta = v \times$ sen. $\lambda = 15$. sen. λ. Il che significa che l'angolo di deviazione è 15 (o gradi o minuti primi, o secondi, secondo che il tempo è un'ora, o un minuto, o un secondo) moltiplicato pel seno dell'arco di meridiano intercetto fra l'equatore e il sito dell' esperienza. A Roma quest' arco $\lambda = 41°, 51', 52'', 13$. Ma sulle Tavole si trova, che il seno di un arco di 41°, 52' è 0,666. Dun-

Fig. 41.

angolo dev'essere di 10°. E tale è appunto la deviazione che mostra qui un pendolo; come fece vedere nel 1851 il padre Secchi nella Chiesa di S. Ignazio; e come si è tornato a verificare posteriormente con molte altre esperienze.

Conferma. La diminuzione del peso dei corpi all'equatore, e la figura ellissoidale della Terra (delle quali cose parleremo a suo luogo) confermano la tesi.

42. Rivoluzione della Terra intorno al Sole. — Abbiamo dovuto riconoscere nei corpi celesti un movimento annuo. Questo si mostra primieramente nel Sole, che sembra percorrere annualmente l'eclittica; si mostra anche in tutti i pianeti primarii, i quali in ogni anno sono una volta *diretti*, una volta *retrogradi*, e due volte *stazionarii*; si mostra finalmente in tutte le stelle fisse, le quali per *l'aberrazione* ciascun anno percorrono una piccola ellissi di maggiore o minore eccentricità, secondo che distano più o meno dai poli dell'eclittica. Vediamo pertanto se a questi movimenti si possa, senza veruna alterazione dei fenomeni, sostituire il solo moto annuo della Terra, e se di più tal moto possa dimostrarsi.

I. DEFINIZIONI. 1ª La retta che congiunge il centro del Sole con quello della Terra si chiama *raggio vettore*.

2ª S'imagini un piano che passi pel centro della Terra, e sia normale tanto al piano dell' eclittica, quanto al raggio vettore. Questo piano taglierà sulla superficie terrestre una circonferenza di circolo massimo, la quale segna il limite fra la porzione di Terra illustrata dal Sole, e quella che resta nell'oscurità, e può chiamarsi *circolo terminatore*.

3ª S'imagini un altro piano normale parimente all'eclittica, ed in cui giacia l'asse terrestre. Questo pure determinerà un circolo massimo, che potrà denominarsi *circolo dell'asse*.

II. SCOLII. 1° Sì nell' ipotesi che giri il Sole, come in quella che giri la Terra si à la medesima varietà nella lunghezza relativa delle giornate, e delle notti, sia nelle diverse stagioni, sia nelle diverse regioni della Terra. Infatti l'asse della Ter-

que $\delta = 15 \times 0,666.... = 9°, 999... = 10$. Dunque $\delta = 10$. Il che significa che a Roma il pendolo devia di 10° a ora, di 10′ a 1ᵐ, di 10″ a 1ˢ,.... Come doveasi dimostrare.

ra che, secondo le più grandiose apparenze, sta fermo, e costantemente inclinato di 23°, 28′ verso una normale al piano dell'eclittica, pel moto annuo della Terra verrà bensì a spostarsi, ma dovrà supporsi parallelo a sè stesso; (il che può anche dedursi da considerazioni matematiche, e dalla esperienza del *toro girante*, delle quali cose in Fisiometria). Ciò posto, dalle definizioni or ora date conseguita, che (fig. 42.) il circolo (AB) dell'asse nel corso dell'anno si mantiene sempre

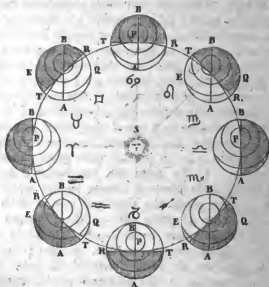



Fig. 42.

parallelo a sè stesso, e (prescindendo dal moto annuo della Terra) resta fermo; ed il terminatore (TPR) ruota annualmente intorno a quel suo diametro, che è normale all'eclittica. Quindi avverrà che l'uno e l'altro due volte all'anno (cioè trovan-

1 I segni zodiacali sogliono essere rappresentati dalle cifre che aggiungiamo qui appresso al nome di ciascuno. Ariete ♈, Toro ♉, Gemelli ♊, Cancro ♋, Leone ♌, Vergine ♍, Libra ♎, Scorpione ♏, Sagittario ♐, Capricorno ♑, Acquario ♒, Pesci ♓.

dosi la Terra in ♈ od in ♎) debbano combaciare; ed altre due volte (cioè in quei due tempi intermedii, nei quali la Terra si trova in ♑ od in ♐) debbano (AB e TR) fare angolo retto fra loro. Quando combaciano, il terminatore (TR) passa pei poli (P) della Terra, e tutti i circoli paralleli all'equatore sono da esso tagliati a metà; ossia giaciono metà nelle tenebre e metà sono immersi nella luce solare; e però due volte all'anno è equinozio universale. Nei due tempi intermedii (in ♐ e ♑) il terminatore dista dai poli di 23° 28', ossia il più che possa distarne. Ma un circolo massimo, che dista il più che sia possibile dai poli di tanti minori paralleli fra loro, li divide disugualissimamente. Dunque in questi due tempi, la notte sarà disugualissima dalla giornata, o in altri termini accadranno i solstizii. Fra l'una e l'altra di queste occasioni la notte sarà più o men disuguale dal giorno, secondo che è prossimo ad avvenire un solstizio o un equinozio. Se non che per li paesi della linea, (quelli cioè che stanno sopra EQ) sarà equinozio perpetuo, perchè i circoli massimi si tagliano in ogni caso scambievolmente a metà; nei poli poi si avranno sei mesi di giorno e sei mesi di notte, perchè ciascuno di questi (per esempio P) sta per sei mesi da un lato, e per altri sei dall'altro lato del terminatore.

2° Nella nostra ipotesi, il Sole sembrerà passare di uno in altro parallelo all'equatore celeste, donde le vicissitudini delle stagioni. I. Infatti negli equinozii il Sole sembrerà percorrere l'equatore. Certamente (fig. 43.) il Sole ⊙ apparisce sempre all'estremo del raggio vettore prolungato fino alla sfera celeste. Ora questo (cioè tanto ♈ S, come ♎S), nei due giorni equinoziali giace tutto nel piano dell'equatore. Imperocchè allora l'equatore è perpendicolare al terminatore (AEPQ, A'EPQ), come lo è sempre il raggio vettore per definizione. Ma il vettore e l'equatore ànno sul terminatore un punto comune che è il centro della Terra. Dunque il raggio vettore giace nel piano dell'equatore; altrimenti su di un medesimo punto di un piano si potrebbero sollevare due perpendicolari allo stesso piano. Per la qual cosa il Sole in quel giorno apparirà sull'equatore; anzi per la rotazione diurna della Terra sembrerà percorrerlo. II. Ma ne' giorni solstiziali il Sole ci si ma-

nifesterà percorrere i tropici. Sembrerà percorrerli, se l'estremo del raggio vettore (S ♑, S ♋) va ad essi (M ♑, N ♋). Or così è. Imperocchè il raggio vettore dee fare coll'equatore l'angolo stesso, che fa il terminatore coll'asse del Mondo. Poichè il vettore (SC) è normale al terminatore (T′R′), come l'asse (B′C) lo è all'equatore (EQ). Dunque a questi due angoli retti (B′CQ, SCT′) togliendo di comune l'angolo (QCT′) fatto dal terminatore coll'equatore, restano uguali i due angoli (B′CT′, SCQ), uno dei quali è fatto dall'asse col terminatore, e l'altro è quello fatto dal vettore coll'equatore. Ma l'angolo (B′CT′), che fa l'asse col terminatore, è in tal caso 23°, 28′. Dunque altrettanto grande è anche quello (QCS) fatto dal vettore coll'equatore. Ora una retta che parta dal centro della Terra e faccia angolo di 23°, 28′ coll'equatore va al tropico celeste (**20.** I. 6°). Dunque il Sole apparirà al tropico celeste, e per la rotazione diurna della Terra sembrerà percorrerlo. Colla differenza, che farà mostra di percorrere un tropico (M ♑) nel giorno di un solstizio, e l'altro (N ♋) nell'altro solstizio: perchè l'asse (B′C) pel suo parallelismo farà nel primo caso angolo ottuso (B′CS), nel secondo angolo acuto (BCS) col raggio vettore.

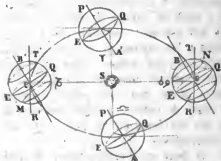
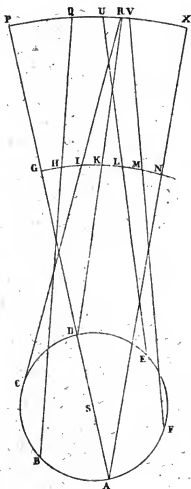



Fig. 43.

3° Il passare che fanno annualmente tutti i Pianeti superiori per un moto diretto, per un retrogrado, e per due stazioni si concilia bene col moto annuo della Terra. Prendiamo a spiegare la cosa relativamente a Giove. Innanzi tratto ricordiamoci che in un anno, cioè intanto che la Terra fa tutta una sua orbita, Giove non fa che la dodicesima parte della sua. Sia dunque il Sole in S (fig. 44.), la Terra percorra l'orbita ABC,... divisa in sei parti uguali, e Giove scorra la dodicesima parte GHI,... della sua divisa in sei parti uguali.

Essendo la Terra in A e Giove in G, questo apparirà in Cielo in P in congiunzione col Sole; passando la Terra in B, e Giove in H, questo apparirà essere passato in Q, dopo aver percorso con moto diretto l'arco PQ. Quando la Terra va in C, e Giove in I, sembrerà che questo trapassi in R con moto diretto meno veloce. Duranti i due mesi, nei quali la Terra da C si porta in D, e Giove da I passa in K, questo sembrerà soffermarsi in R. Ma allorchè la Terra corre l'arco DE, e Giove corre l'altro KL, parrà che questo imprenda e tenga un moto retrogrado fino ad U; e intanto accade l'opposizione. Poi la Terra si reca in F ed il pianeta in M, e allora pare che Giove abbia ripreso il moto diretto, e corra verso V. Finalmente la Terra torna in A, e Giove, arrivando in N, apparisce sul punto X. Dunque realmente coll' attribuire alla Terra il moto annuo per l'eclittica, Giove offrirà le stesse apparenze che di fatto esso mostra, non esclusa la coincidenza della congiunzione col moto diretto, e della opposizione col retrogrado. Così dicasi degli altri pianeti.

Fig. 44.

4° L'aberrazione delle stelle può spiegarsi col moto annuo della Terra. Dimostreremo a suo luogo che I. la luce va per linee rette ed è dotata della velocità di 70 mila leghe a secondo ; II. per la visione è necessario che la luce , la quale entra per la pupilla , pervenga al fondo dell' occhio , cioè alla così detta *rètina*, come per vedere per mezzo di un canocchiale è necessario che questo sia collocato in maniera che la luce, la quale entra per la prima lente, pervenga a quella, a cui si applica l'occhio; III. finalmente ogni oggetto è da noi riferito o veduto in quella retta, che segna l'andamento dei raggi in prossimità dell' occhio , ossia l'andamento che essi ànno dalla pupilla alla retina; come veduto per un canocchiale, è riferito nella prolungazione dell' asse del tubo che contiene la lente, a cui si applica l'occhio. Per ora supponiamo dimostrate tutte queste cose, e ci accingiamo a far vedere che , se la Terra si ravvolge annualmente intorno intorno per l'ecclittica , gli astri dovranno dare l'apparenza dell'aberrazione. Imperocchè, posto che si debba guardare col canocchiale una stella S (fig. 45.) che stia allo zenit dell' osservatore , il canocchiale dovrà tenersi perfettamente verticale solo nella supposizione che la Terra non si muova. Non così nell' ipotesi , che difendiamo. Infatti la luce, che viene dalla stella, giunta alla prima lente L del canocchiale, dovrà impiegare un brevissimo tempo per arrivare in B. Ma poichè la Terra pel suo moto annuo, che noi qui supponiamo, fa sette leghe a secondo , e la luce ne fa 70 mila; la linea LB percorsa dalla luce in questo tempetto, sta alla BC (normale alla

S S' A L L' O B C

Fig. 45.

LB) percorsa dalla Terra nel tempetto medesimo, come 7:70000 :: 1:10000. Si conduca dunque pel punto L una retta LA che sia perpendicolare alla BL, ed in lunghezza stia alla BL, come 1:10000; e compiuto il parallelogrammo ALBO, potrà dirsi che la luce, la quale entra per L, dopo il detto tempetto non tocca il punto B, ma il punto O. Dacchè quando la luce passa da L in B, tutto il canocchiale LB va in L′C, (fatta la LL′ uguale alla AL). Se dunque dal punto O si volesse vedere la stella S per mezzo del canocchiale BL, bisognerebbe dare a questo la posizione OL, affinchè la luce che entra per L colpisse la seconda lente O. In altri termini la luce mostrerebbe l'andamento LO, e la stella sarebbe veduta in S′. Altrettanto dee dirsi se L sia la pupilla, ed O la retina, o il fondo dell'occhio. Questo per vedere la stella, se la Terra gira colla detta velocità, dovrà dirigersi non secondo la BL, ma secondo la OL; e però la stella sarà veduta in S′. Il che equivale a dire che la stella sembrerà spostata di un arco SLS′, o BLO, la cui tangente trigonometrica OB stia al raggio BL :: 1 : 10000. Ma la tangente, che sta in tal ragione col raggio, appartiene ad un arco di 20″,25. Dunque di tanto dovrà vedersi spostata la stella. Ora questo è appunto ciò che avviene. Perchè l'asse principale di tutte le ellissi, percorse dalle stelle per l'aberrazione, è 40″,5 (**35.**). Il che importa che per l'aberrazione ogni stella si sposti di qua e là dal suo sito vero di 20″, 25. Dalle quali cose risulta anche, che tale spostamento dee farsi a circolo intorno intorno al sito vero per quelle stelle, le quali restano ai poli dell'ecclittica, o sulla normale innalzata dal piano per cui si ravvolge la Terra; per quelle poi, che stanno nel piano stesso dell'eclittica, deve essere una oscillazione rettilinea; e finalmente dev'essere una ellissi di asse principale uguale a 40″,5, e di asse secondario crescente da 0″, fino a 40″,5 per tutte le altre.

III. PROPOSIZIONE. *Il moto annuo appartiene alla Terra.*

Dimostrazione. Vediamo ora quali argomenti dimostrino la tesi, la quale, come abbiamo fatto vedere or ora, risponde con tanta esattezza ai fenomeni. I principali sono tre.

1° Il primo argomento è desunto dall'analogia, e può espor-

sì così. Il Sole è un corpo grandissimo in confronto ai pianeti ed alla Terra, cioè un millione di volte più grande di questa. Esso medesimo luce di luce propria come una stella; e la Terra è oscura come i pianeti, i quali non risplendono che per la luce cui ricevono dal Sole e cui riverberano anche verso di noi. Insomma la Terra si rassomiglia ai pianeti, e il Sole invece à tutte le proprietà delle stelle. Ma le stelle (41. II.) stanno ferme, ed i pianeti in ogni ipotesi percorrono una propria orbita. Dunque il Sole sta fermo come quelle, e la Terra percorre annualmente un'orbita, come questi.

2° Il secondo argomento è tratto dalla maggior semplicità del sistema copernicano su tutti gli altri. Non possono mettersi in discussione i sistemi caldeo ed egiziano; perchè non rispondono ai fatti; ed è perciò che furono loro surrogati il tolomaico ed il ticonico. Resta dunque a vedere se il sistema copernicano, il quale non è che un più compiuto svolgimento del pitagorico, sia da preferirsi al ticonico ed al tolomaico. Ora nel sistema ticonico conviene ammettere non solo un'immensa velocità nelle stelle e nel Sole, e supporre che questo circoli e diurnamente ed annualmente intorno alla Terra, e quelle si muovano e pel moto diurno e per la precessione; ma di più bisogna accettare che tutti i pianeti percorrano realmente una propria orbita intorno al Sole, ed inoltre sieno trascinati da questo, e portati in giro ogni giorno intorno alla Terra ed ogni anno intorno all'ecclittica. Invece nel copernicano ciascun pianeta percorre la sua sola orbita e nulla più; il Sole sta fermo; e le stelle non ànno nè il moto diurno, nè quello di aberrazione, nè quello di precessione. Nel sistema tolomaico poi si devono ammettere quasi tutti gl' inconvenienti del ticonico, e di più la inconcepibile complicazione di tanti epicicli, di tanti eccentrici, e di tanti circoletti, quanti sono i pianeti. La qnale complicazione rendendo giustissimo l' epifonema del Rè Alfonso, non può essere stata l'idea della Sapienza infinita; ed è affatto aliena da quella semplicità, che domina in tutto il creato.

3° Il terzo argomento è desunto dalla stranezza degli altri sistemi. Imperocchè è strano attribuire a tutti i pianeti un movimento intorno ad un'orbita propria, il quale per altro

trapassi per vicissitudini, che sieno esattamente connesse col moto annuo; cosicchè quel pianeta, che impiega 2 anni a percorrer l'orbita sua, è proprio 2 volte diretto, 2 retrogrado e 4 stazionario; quello, che à una rivoluzione di 12 anni, è puntualmente 12 volte diretto, 12 retrogrado, e 24 volte stazionario; Saturno, che mette 30 anni a compire la sua rivoluzione periodica, passa per 60 stazioni, 30 moti diretti, e 30 retrogradi; e così via dicendo degli altri. È una stravaganza che tutte le stelle percorrano delle ellissi, ma ciascuna scorra per un' ellisse diversamente allungata, e tali ellissi sieno compiute da tutte esattamente in un anno. Da ultimo è cosa, a dir poco, assai irragionevole che un corpo così grande come il Sole, anzi tutti gli immensi corpi celesti, si ravvolgano intorno la Terra, che è del Sole un millione di volte più piccola. Eppure, lanciando in aria un bastone da capotamburo, non sarà mica il pomo pesante che girerà intorno alla punta, ma questa si ravvolgerà intorno a quello! Come parimente gettando a fionda due sassi, di assai diversa massa, legati insieme con una fune, non sarà già il più grande che s'aggirerà intorno al piccolo! Resta dunque fisicamente dimostrato che non il Sole, ma la Terra si ravvolge annualmente per l'ecclittica.

43. Il Sole centro del moto dei pianeti primarii.

I. SCOLII. 1° Principieremo dal fare avvertire, che quando si dice nel centro dei movimenti dei pianeti ritrovarsi il Sole, non s' intende che i pianeti percorrano la circonferenza di un circolo, il cui centro geometrico venga occupato dal Sole, ma solamente che il Sole è collocato dentro le orbite dei pianeti; e che, sebbene ciò sia vero anche della Terra riguardo ai pianeti superiori, tuttavolta questi non circolano intorno ad essa seguendola nel suo movimento annuo, ma intorno al Sole che sta sempre fermo, come sono fisse (considerando le cose in grande) le orbite loro.

2° Innanzi tratto l'idea della centralità del Sole, nelle orbite dei pianeti inferiori, concorda colle apparenze dei loro moti or diretti, ed ora retrogradi, non che delle stazioni loro. Imperocchè quando percorrono (fig.46.) quella porzione (LMNO) di orbita che sta al di là del Sole (S), debbono, veduti dalla Terra (T), apparire diretti (da A verso D); sembre-

ranno retrogradi (da D verso A), allorchè scorrono per quell'altra porzione (PQRV), che resta fra il Sole (S) e la Terra (T); finalmente ànno a comparire stazionarii (in A o D), mentre vanno per quei due piccoli archi (VL,OP), i quali fisicamente confondonsi colle due tangenti (TA, TD), condotte dalla Terra all'orbita loro.

3° È un fatto (**27.** I. 2°) che i pianeti inferiori nella congiunzione superiore appariscono più piccoli, e più grandi nella inferiore. Dunque certamente nel primo caso sono più lontani dalla Terra, e più vicini nel secondo. La qual cosa si concilia assai bene colla supposizione (cui essa per altro non dimostra), che nella congiunzione superiore passino al di là del Sole, e nella inferiore al di qua del medesimo.

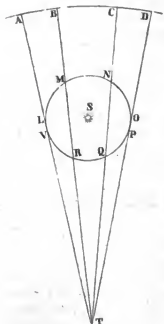



Fig. 46.

4° Anche i fatti dei pianeti superiori armonizzano bene coll'ipotesi copernicana. Perocchè il loro apogeo coincide colla congiunzione, ed il perigeo colla opposizione (**27.** I. 2°). E veramente se al movimento loro (fig. 47.) è più centrale il Sole (S) della Terra (T); nel caso della opposizione (STG), la distanza (GT) loro dalla Terra sarà uguale alla distanza (GS) dal Sole, *meno* la distanza (ST) di questo da quella; nel caso poi della congiunzione (T'S G'), disteranno (G'T') dalla Terra, quanto (T'S) dista questa dal Sole, *più* tutta la distanza loro (G S') dal Sole medesimo.

II. PROPOSIZIONE. *Tutti i pianeti primarii, tanto inferiori, che superiori, esclusa la Luna, girano intorno al Sole.*

Dimostrazione della 1ª *parte.* Tutti i pianeti primarii inferiori nella congiunzione inferiore si mostrano oscuri; nell'altra ci appariscono come un disco tutto splendente; nelle elon-

gazioni massime poi ànno l' aspetto di una falce, come la Luna nelle quadrature. Dunque nella prima congiunzione rimane incontro alla Terra quella loro metà, che è nascosta al Sole, ossia oscura; e però allora passano al di qua di esso. Nella seconda invece è esposta a noi quella faccia medesima, che viene illuminata dal Sole; o, ciò che è lo stesso, in quel tempo girano al di là del medesimo. Finalmente nelle elongazioni massime non è rivolta alla Terra, che una porzione della lor faccia lucida, ed una porzione dell' oscura: perchè allora da quella metà di orbita, che rimane al di là del Sole, passano all' altra che resta di qua, e viceversa.

Dimostrazione della 2ª parte. I. Sebbene sia vero, che ogni pianeta à il suo afelio e perielio (**27**. I. 1ª); ciò non ostante, valutando anche così alla buona la varia distanza di ciascun pianeta dal Sole, apparisce che essi circolano più veramente intorno al Sole, che intorno alla Terra. Giove fra gli altri, intanto che passa per distanze assai disuguali dalla Terra, si mantiene sempre quasi alla stessa distanza dal Sole. II. Coi fatti consuona il ragionamento. Ed in prima, essendo la Terra dotata di moto di rivoluzione (**42**. III.), se i pianeti circolassero intorno ad essa, il loro movimento sarebbe risultante di due altri, uno intorno alla Terra, e l'altro con questessa intorno al Sole. Tal moto non sarebbe assurdo, se solo con esso si conciliassero i fatti; ma quando questi si spiegano assai bene con un moto molto più semplice, quale è quello di ciascun pianeta primario intorno al Sole centrale e fisso, diventa strano il supporre quel primo. III. Si aggiunga inoltre la maggiore ragionevolezza, che si ritrova nell'ammettere, che i pianeti si ravvolgano piuttosto intorno ad un astro

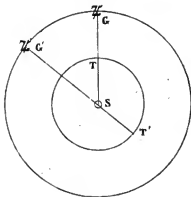



Fig. 47.

tanto più grande, e da loro differente, che intorno alla Terra, a cui si rassomigliano in tutto il resto, e la quale è della maggior parte di loro più piccola. L'analogia dunque ci costringe a tener per certo che, come la Terra, così ogni pianeta primario compia la sua rivoluzione intorno all'astro maggiore.

44. Centro del movimento della Luna e dei satelliti. — Prima di dimostrare che il centro del moto della Luna è la Terra, e che i satelliti circolano intorno ai loro primarii, stabiliremo la concordia di tale supposizione coi fatti osservati.

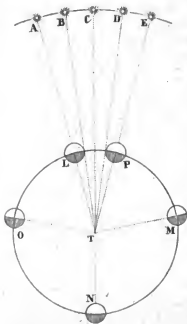



Fig. 48.

I. SCOLII. 1° Primieramente le fasi della Luna s'accordano colla supposizione, che essa circoli intorno alla Terra. Infatti quando la Luna è in congiunzione, poichè non à luce propria, ma risplende diffondendo la luce che riceve dal Sole, deve apparire come un disco oscuro; quando è in opposizione dee sembrare un disco tutto splendido; quando finalmente è nelle quadrature deve prendere la figura di un menisco o falce lucente. Colla differenza, che la convessità nella prima quadratura sarà rivolta verso occidente, si troverà invece dalla parte di oriente nella quadratura, che viene appresso alla opposizione. A restare convinti di questa cosa, ed a comprendere anche meglio ciò, che abbiamo detto di sopra circa ai pianeti inferiori, supponiamo (fig.48.) che ABCDE rappresenti la dodicesima parte dell' ecclittica, percorsa apparentemente dal Sole in un mese, e che questa dodicesima parte sia divisa in quattro altre porzioni AB, BC, CD, DE rappresentanti

gli archi, pei quali corre il Sole in quattro successive settimane. La Terra sia indicata da T, l'orbita lunare venga raffigurata dal circolo LPM, e la retta AT esprima l'intersezione del circolo di latitudine solare (24. I. 1') col piano dell'eclittica. Nel giorno della congiunzione la Luna si ritroverà in L, punto della sua orbita tagliato dal piano della latitudine solare; e passati otto giorni, il Sole si troverà traslocato in B. Condotto pertanto il piano BT della nuova latitudine solare, e determinata con MT la posizione del piano di latitudine lunare posto ad angolo retto col primo BT; il punto M rappresenterà il sito, in cui si trova la Luna allora, cioè nel tempo della prima quadratura. Dopo un' altra settimana il Sole passerà in C, e la Luna sarà in opposizione all'estremo N della retta tracciata sull'orbita lunare dall'intersezione dei piani delle due latitudini, i quali di nuovo si confondono insieme. Nel vigesimosecondo giorno il Sole sarà giunto in D, e la Luna troverassi nell'ultima quadratura all'estremo O della retta TO, segnata sull' orbita dal piano di latitudine lunare, che è ora normale a quello TD della solare. Finalmente nel vigesimonono giorno, essendo il Sole passato in E, la Luna, compiuta un' intera rivoluzione sinodica, si sarà recata in P; ivi appunto ove il piano ET della latitudine solare trapassa per l'orbita lunare, ed allora accadrà di nuovo la congiunzione. Poichè adunque la parte, o l'emisfero illustrato della Luna, è quello soltanto che è rivolto al Sole; in L la parte illustrata sarà divisa dalla oscura per un piano, cui chiameremo terminatore, il quale sarà mai sempre perpendicolare al piano dell'eclittica, e però a un di presso anche a quello dell'orbita, e in questo caso anche ad AT; perciò coinciderà colla porzione di orbita, che si ritrova nell' interno della Luna. Quando la Luna è in M, il terminatore passerà per TM; in N sarà tangente all' orbita; in O conterrà una porzione del raggio TO; finalmente in P di nuovo sarà tangente all' orbita; e così di sèguito. Ora è facilissimo comprendere che la Luna, guardata da T, nella congiunzione (L) o non si vedrà, o apparirà come un disco oscuro. Nelle due quadrature non mostrerà che la metà del suo emisfero illuminato, e per la sua sfericità prenderà l'aspetto di

un menisco, o la figura conosciuta sotto il nome appunto di *mezza luna*: ma, restando la parte illustrata nella prima quadratura (M) verso il Sole (B) cadente, e nell'ultima (O) verso il Sole (D) nascente, la convessità sarà nel primo caso rivolta ad occidente, ad oriente nel secondo. Finalmente nella opposizione (N) la Luna mostrerà alla Terra tutto il suo emisfero lucido, ed apparirà sotto forma di un disco splendente.

2° Anche gli eclissi si conciliano colla fatta ipotesi. Quando la Luna è in una sizigia (cioè in L o in N) si trova col Sole (che è prima in A poi in C) in un medesimo piano perpendicolare all' eclittica. Quando poi oltre a ciò la Luna è in uno dei nodi (**23.** IV. 4°), essa sta eziandio sul piano dell'eclittica, come la Terra e il Sole; o in altri termini Sole, Luna, e Terra si ritrovano sulla medesima linea retta (ALT, CTN). Per conseguenza nel caso dell' opposizione, la Terra (T) nasconde alla Luna (N) il Sole (C); ossia la Terra, frapponendosi fra il Sole e la Luna, impedisce colla sua opacità, che la Luna venga illuminata dal Sole; e però questa dovrà oscurarsi. Viceversa nel caso della congiunzione, la Luna (L) si colloca davanti al Sole (A), ed impedisce che questo veggasi dalla Terra (T): e così, invece di vedere il Sole, veggiamo la Luna; la quale in tal caso, per essere la neomenia, non ci può apparire che come una macchia oscura. Questa macchia sarà centrale, se il centro stesso della Luna passerà pel nodo; altrimenti, cioè se passerà pel nodo un' altra parte qualunque del disco lunare, l' ecclissi non potrà essere che eccentrica; o ordinariamente parziale. Inoltre, essendo il Sole all'apogeo, e la Luna al perigeo, questa apparisce più grande di quello; e viceversa, se il Sole sia al perigeo, e all'apogeo la Luna. Quindi nel primo caso l'eclisse solare centrale sarà anche totale, nel secondo sarà solo parziale. Anzi in questo secondo caso la Luna si collocherà a guisa di una gran macchia rotonda nel bel mezzo del disco solare; e per conseguenza rimarrà per un momento visibile tutta una zona circolare, costituita dall'orlo del disco del Sole; o in altri termini, il disco solare prenderà per noi l'aspetto di un lucido anello.

3° Nessun fatto potrebbe recarsi che contraddicesse all'idea,

che i satelliti debbono circolare intorno ai rispettivi primarii. Anzi i loro moti diretti e retrogradi, e le stazioni in tale ipotesi intendonsi a maraviglia. A comprendere questa cosa non si deve far altro che replicare qui quello, che è stato detto (**13**. I. 2°) dei pianeti inferiori; sostituendo ad essi i satelliti, ed al Sole il pianeta primario.

II. PROPOSIZIONE. *La Luna si ravvolge intorno alla Terra, ed i satelliti intorno ai rispettivi primarii.*

Dimostrazione della 1ª *parte*. I. Non accade mai che la Luna passi al di là del Sole, e resti occultata da esso, come dovrebbe pur qualche volta avvenire, ove gli circolasse intorno. II. Inoltre questa prima parte della tesi essendo così concorde colle fasi, e cogli eclissi, e di più essendo stata ammessa in ogni sistema celeste, si può dire posta assolutamente fuori di controversia.

Dimostrazione della 2ª *parte*. Gli eclissi dei satelliti, i quali, se risplendono, evidentemente risplendon solo perchè sono illustrati dal Sole, non provengono da altro, che dal passare che essi fanno al di là del primario, e precisamente nella direzione del Sole; in guisa che l'opacità del primario medesimo impedisce, che pervengano ad essi i raggi solari. Di più, talora è certo che tra un'ecclissi e la successiva si mettono nuovamente in congiunzione col primario, senza soffrire veruna eclissi. Tutto ciò dunque indica manifestamente che una volta passano di là, ed una di qua dal rispettivo primario; ossia circolano intorno a questo.

III. COROLLARII. 1° Dunque l'orbita della Terra sta fra quella di Venere e quella di Marte. Poichè le dimostrazioni della seconda e della terza proposizione di questo Articolo sono basate sulla ipotesi, che l'orbita della Terra ritrovisi fra quelle dei pianeti inferiori, e quelle dei superiori; poichè tutto armonizza bene colle apparenze e colle più ragionevoli analogie; ne discende, che quella ipotesi medesima dee ritenersi per indubitata.

2° Dunque veramente la Luna e tutti i pianeti vuoi primarii, vuoi secondarii sono oscuri ed opachi; e se rilucono, ciò avviene perchè riverberano la luce solare, che imbatte su di loro. Anche questa proposizione fa parte della ipotesi,

colla quale abbiamo potuto conciliare tutti i moti celesti, e le esigenze di un retto ragionamento.

3° Dunque il Sole è una stella, la Terra è un pianeta, e la Luna è un satellite. Dappoichè il Sole è dotato della fermezza delle stelle, e di luce propria com'esse; la Terra è opaca, e circola intorno al Sole, come i pianeti; e la Luna si ravvolge intorno al pianeta Terra, come i satelliti s'aggirano intorno ai loro primarii.

*45. **Avvertimenti.** — I. SCOLII. 1° Le prove arrecate a sostegno delle proposizioni, le quali enunciano la sostanza (se posso dir così) del sistema copernicano, non sono le sole, che militino a favore di questo. Chè le spiegazioni, cui negli Articoli seguenti trarremo dal sistema stesso, costituiranno per la loro semplicità altrettanti argomenti di molta forza. Aggiungiamo questa avvertenza perchè chi sa quanti, i quali erano convinti del moto della Terra prima di studiarlo (essendo tal convincimento oggigiorno assai volgare e di moda), al vedere che fra tutta questa farraggine di argomenti non ve n'à uno, che da sè solo sia pienamente stringente e dimostrativo (come essi bonamente si aspettavano); chi sa quanti, diciamo, non avranno preso scandalo della scienza, o non si saranno intesa indebolire la loro convinzione su tal soggetto, ed avranno esperimentato dentro di sè un certo vuoto, e quella nausea, che suol seguire il fallimento di una tranquilla speranza.

2° Frattanto le prove addotte comprendono tutto quello, che potea dirsi di più concludente ai tempi di Galileo. Anzi escludendo esse varii argomenti sofistici e falsi arrecati da quest'ultimo, e contenendo invece qualche dimostrazione nuova, come quella della deviazione del pendolo; rendono il sistema più plausibile di quello, che potesse esserlo 300 anni fa.

3° Eppure vi è a nostri giorni una certa classe di persone, che suole atteggiarsi a compassione, per non dire a disprezzo, quantunque volte cade il discorso su quelli, i quali si fanno un dovere di piegare il loro intelletto riverente e docile alle Sante Scritture [1], e credono più alla Chiesa, che

[1] Giacchè ò fatto allusione ai testi biblici, i quali parlano di moto

alle scoperte scientifiche. E con ciò que' cotali s'avvisano di darsi l'aria di animo spregiudicato, e colto! Così avessero

del Sole e di stabilità della Terra, e diedero già occasione (per colpa specialmente di Galilei) ad una controversia, che eccitò molti clamori ed inquietudini; credo sia conveniente aggiungere, che essa è già risoluta da lunga pezza, non nel senso del Fisico fiorentino (che sapea leggere nella Scrittura il sistema pitagorico), ma secondo un canone importantissimo di ermeneutica. Ed è che la Scrittura santa è un *luogo teologico o criterio di verità* in fatto di dommi, non in fatto di belle lettere o di Fisica, o di Astronomia; e di più à bisogno di una interpretazione autorevole, la quale ne tragga fuori il vero senso, appiattato spesso sotto espressioni più o meno improprie e volgari. E veramente la pretensione di quelli, i quali vorrebbero, che nessuna *espressione* scritturale contraddicesse ai trovati della scienza, non è dissimigliante dallo scandalo puerile, cui prendono certi umanisti al leggere nei Libri santi una lingua, che non è classica. Dacchè presumere che la parola del Signore debba essere un testo di lingua, è supporre che Dominiddio abbia voluto dare un' accademia di letteratura, piuttosto che fare una predica paterna agli uomini di ogni condizione. Lo Spirito santo lasciò la scelta delle parole agli agiografi, i quali perciò parlarono e scrissero più o meno elegantemente, secondo la loro particolare erudizione; ma sempre in modo da poter essere capiti dai loro ascoltatori e lettori. E se a questo scopo nell' esporre le cose soprasensibili, e quelle medesime, che ànno una stretta attinenza al dogma, ànno spesso dovuto ricorrere alle metafore, ed ai modi di dire comuni; tanto più in quelle poche cose di Cosmogonia, di Fisica, e di Astrononmia, che doveano accennare, per edificazione degli uomini, ricordando che Iddio solo è il Creatore di tutte le cose, il padrone dell'Universo, l'arbitro provvidentissimo delle leggi fisiche, ecc., doveano adoperare il comune linguaggio. Si aggiunga che il linguaggio proprio della scienza, la quale dopo molti progressi sia giunta a contemplare la realtà delle cose, riesce *ridicolo* alla comune degli uomini; e però anche i dotti, se non vogliono far ridere il pubblico, debbono fuori dell'Accademia adoperare il linguaggio fondato sulle apparenze, ossia falso sotto il riguardo della scienza. E per tornare più dappresso al mio tema, chi non riderebbe di quel Professore di Astronomia, il quale la mattina appena svegliato, desiderando sapere se sia ancora giorno, chiamato a sè il cameriere, si facesse ad interrogarlo così: La parte orientale del nostro orizzonte è ancor giunta, per la sua rivoluzione diurna, a sottoporsi al Sole? Oppure anche meglio, per evitare la parola *orientale* falsa per molte ragioni, e più per non rinnegare la *rifrazione* della luce: La Terra è giunta a tale, nel suo diurno ravvolgimento da ovest verso est, che qualche raggio solare sia pur finalmente divenuto tangente a quella porzione di superficie terrestre, cui noi abitiamo? E si vorrebbe che nella Sacra Scrittura fossero state registrate queste sciocchezze qualche migliaio di anni fa? Avea detto bene

vera superiorità di spirito, e seria avvedutezza; che potrebbero sottrarsi alla leggerezza dell'età giovanile, e saprebbero ricredersi dell' illusione, in cui si cade tanto di frequente, col giudicare i fatti di un'epoca coi dati di un'altra, e col mettere sopra di un quadro, rappresentante una scena del secolo XIX, alcune poche figure del medio evo! Chè è appunto per questo anacronismo, e per siffatta leggerezza, difetti tanto comuni alle femmine erudite, ed ai semidotti, che la trattazione del sistema copernicano riesce scandalosa, e non frutta per molti che una nuova arme contro la Chiesa.

II. PROPOSIZIONI. Per istruzione dei deboli, e per confusione dei maligni chiuderò questo Articolo coll'annunciare tre proposizioni, che sono il risultato della lettura attenta delle storie imparziali, e sono confermate dai fatti allegati nella nota antecedente.

1ª *Gl'incommodi, ai quali soggiacque Galileo, furono (per quei tempi) assai leggieri, e ben meritati; e molti di essi non ebbero ragione di pena, ma furono misure necessarie ad impedire, che si rinnovassero le solite imprudenze.*

2ª *Il sistema copernicano non fu condannato in veruna delle forme tenute dalla Chiesa per dichiarare una proposizione o eretica, o prossima all' eresia; anzi fu esplicitamente permesso a Galileo di trattarne sotto l'aspetto di un'ipotesi: e a quei tempi non era certamente una tesi.*

3ª *La proibizione dei libri, che ne trattavano, non equivaleva ad una definizione dommatica; ma fu una precauzione salutare, diretta a cessare gli scandali e tranquillizzare le coscienze.*

III. ALTRO SCOLIO. È cosa assai dolorosa, che comunemente, ed anche dai cristiani si dimentichi che il primissimo bisogno dell'uomo è l'acquisto della felicità interminabile, e che la scienza è fatta per la Religione, e non questa per quella; e però è sempre espediente, anzi doveroso arrestare per un momento il troppo rapido progresso delle scienze, quando

io nella Nota antecedente che quelli, i quali, al sentir parlare del moto della Terra (e questo è vero anche in tutti gli altri casi), escono in qualche frizzo contro Roma e i Preti (cioè contro la Chiesa), o sono istruiti, e allora parlano per malignità; o anno fede, e parlano come pappagalli.

non c'è altro mezzo per impedire che esso, non certo per se medesimo (chè ciò non è possibile), ma per qualche abuso ed eventualità straordinaria, riesca d' inciampo alle coscienze, e di nocumento alla Chiesa.

ARTICOLO III.

REALE SISTEMA PLANETARIO.

46. Nozioni preambule. — Ma come si spiega l'afelio ed il perielio? Vi è qualche nesso fra queste anomalie, e la velocità varia di un pianeta nell'orbita sua? I pianeti a quale distanza dal Sole si trovano realmente? Vi à egli una qualche relazione fra quella distanza e la loro rivoluzione periodica? Ecco quattro domande, che meritano una risposta, la quale ci faccia fare un altro passo nella cognizione del sistema reale del Mondo. Ma tal risposta non può darsi senza premettere alcune nozioni.

I. SCOLII. 1° L'indice di un oriuolo, se abbia la punta alquanto distante dalla mostra, segna mezzo minuto dopo l'ora XII per un osservatore, che lo guardi stando a sinistra, e mezzo minuto prima per un altro che lo osservi da destra. Non altrimenti i pianeti, i quali, sebbene sieno variamente distanti dalla sfera stellata, ci appariscono ciò non pertanto collocati sopra di essa. Dacchè ad osservatori collocati in paesi diversi sembrerà, che essi occupino siti differenti nel Cielo. Infatti ogni osservatore dovrà necessariamente riferire un pianeta in quel sito di Cielo, a cui perviene la retta indefinita che congiunge il pianeta stesso coll'occhio suo. Ora le linee, le quali partono da osservatori collocati in differenti stazioni sulla Terra e le quali trapassano pel centro di un dato pianeta, dovranno segnare nel Cielo altrettanti punti diversi.

2° Per ovviare agli inconvenienti che debbono derivare da tanta discordanza di apparenze, si è convenuto di attribuire al pianeta quell'unico sito di Cielo, cui esso mostrerebbe di occupare in riguardo ad un' unica stazione concordemente determinata. Ora tale stazione si è convenuto (e Ipparco stesso la determinò) che sia il centro della Terra.

3° È manifesto, che pel moto diurno della Terra, uno stesso osservatore dovrà, durante un giorno siderale, vedere un medesimo pianeta in diversi siti; e che il pianeta, se non si muovesse, dovrà tornare ciascun giorno a ripassare per gli stessi punti di Cielo.

II. DEFINIZIONI. 1ª Il punto di Cielo, cui un osservatore qualunque vede occupato dal pianeta, è, e dicesi il ***sito apparente*** del pianeta.

2ª È detto *sito vero* del pianeta l'estremo di quella retta, che, congiungendo il centro della Terra colla sfera celeste, passa pel centro dell'astro medesimo.

3ª L'arco di circolo massimo di sfera celeste, intercetto fra il sito vero e l'apparente, si chiama ***parallasse diurna***, ed anche *parallasse geocentrica.*

4ª Vien detto angolo ***parallatico*** quello formato al centro dell'astro dalle due linee, le quali (partendo una dal centro della Terra, e l'altra da quel punto della superficie terrestre, donde è osservato l'astro medesimo) s'incontrano al detto centro, e vanno oltre fino al Cielo.

5ª La parallasse si denomina o ***orizzontale***, o ***zenitale***, o ***d'altezza***, secondo che l'astro, che si osserva, sta o all'orizzonte, o allo zenit, o ad un'altezza qualunque intercetta fra 0° e 90°.

III. ALTRO SCOLIO. L'angolo parallatico si scambia colla parallasse, e da questa si misura. Imperocchè, posto che C (fig. 49.) rappresenti il centro della Terra, O il sito dell'osservatore, e P un pianeta; il sito vero di questo sarà V, e l'apparente sarà A; e però AV, ossia l'angolo AOV sarà la parallasse, e CPO l'angolo parallatico. Or bene: CPO, che non può valutarsi, si considera uguale all'arco AV, o all'angolo AOV, che può misurarsi (**17**. II. 12°) dal punto O. Veramente ciò à del paradosso, quasi che l'angolo esterno possa essere uguale ad uno solo degli interni ed opposti. Ma si rifletta, che qui si tratta di angoli misurati cogli strumenti, non di angoli pensati coll'intelligenza; e che le due CV, ed OV sono sensibilmente (**17**. II. 2°) parallele. Ond'è che, riducendosi fisicamente a zero l'angolo CVO, è necessario che l'angolo esterno CPO equivalga al solo interno opposto POV.

47. Parallasse diurna. — A spiegare come la parallasse geocentrica serva a determinare le distanze dei pianeti dalla Terra, conviene dimostrare un teorema, e risolvere due problemi.

I. TEOREMA. *La parallasse orizzontale è la massima, la zenitale è nulla; quella poi d'altezza diminuisce coll'aumentare dell'altezza medesima* 1.

Dimostrazione della 1ª *parte*. Allora è massima la parallasse, quando è massima la distanza (DC) fra un lato (per esempio PO), e l'estremo (C) dell'altro lato (CP) dell'angolo parallatico; e tal distanza è massima, quando uguaglia un raggio: perchè i due lati di tale angolo, venendo uno al centro, e l'altro alla superficie della Terra, non possono distare fra loro mai più di un raggio terrestre. Ora se l'astro sta all'orizzonte, uno dei due lati è tangente; e in ogni caso l'altro lato è sempre la prolungazione di un raggio terrestre. Ma la distanza fra l'estremo di un raggio, ossia il centro, e la tangente è precisamente un raggio. Dunque la parallasse orizzontale è la massima.

Fig. 49.

Dimostrazione della 2ª *parte*. Nella parallasse zenitale la linea, la quale congiunge il centro dell'astro (che in tal caso è allo zenit) col sito, ove stiam noi, è quella stessa, la quale congiunge l'astro col centro della Terra. Infatti la retta, che unisce noi allo zenit, è per definizione perpendicolare all'orizzonte, e però prolungazione del raggio terrestre; come pure è sempre raggio terrestre l'altro lato dell'angolo parallatico. Ma le prolungazioni di due raggi, che vanno ad un medesimo punto fuori della Terra, si confondono insieme. Dunque l'angolo parallatico in tal caso è zero.

Dimostrazione della 3ª *parte*. Quanto più l'astro ascende

1 Questo teorema può dimostrarsi ancora con un facile ragionamento

sull'orizzonte, tanto divien minore la distanza fra l'estremo (che è il centro della Terra) di un lato dell'angolo parallatico, e l'altro lato. Perocchè quest'altro lato non è più allora tangente, ma prolungazione (fig.49.) di una corda (OB), e di una corda tanto più lunga, ossia men differente dal diametro, e però meno distante dal centro, quanto l'astro è più alto.

II. COROLLARIO. Dunque gli astri al meridiano ànno la parallasse minima. Giacchè quando un astro giunge al meridiano, perviene alla sua massima altezza diurna.

III. PROBLEMI. 1° *Trovare la parallasse di un astro.*

Risoluzione. Si attenda che l'astro passi per lo zenit, o se non vi passa s'interroghi qualche Astronomo fra quelli, che abitano in qualcuno di quei luoghi, per lo zenit dei quali l'astro medesimo trapassa; poi si osservi il sito apparente dell'astro medesimo in un'altra altezza. La distanza angolare fra i due detti siti sarà la parallasse di quell'altezza.

Dimostrazione. La parallasse è la distanza fra il sito apparente, e il sito vero. Ora, quando l'astro passa allo zenit, occupa il sito vero: perchè la parallasse zenitale è nulla. È vero che un pianeta, dal momento in cui à una data altezza fino a quello in cui passa allo zenit, si è traslocato alquanto sull'orbita sua. Ma ciò nulla toglie all'esattezza della

geometrico. Nel triangolo COP (fig. 50.) certamente OC, cui diremo r, sta a CP, cui chiameremo d, come il seno di CPO, cui rappresenteremo per p, sta al seno di COP. Ma COP è uguale a COH più HOP, ossia è uguale a 90° più l'altezza dell'astro, la quale potrà esprimersi per a. Dunque potremo scrivere così: $r : d :: \text{sen.} p : \text{sen.} (90° + a) = \text{sen.} p : \text{sen.} (90° - a) = \text{sen.} p : \cos. a$. Ora al sen. p può sostituirsi il p: perchè l'angolo parallatico è di fatto tanto piccolo, da potersi ritenere come proporzionale al suo seno; inoltre è costante tanto r, quanto per un medesimo giorno d. Sarà dunque $r : d = p : \cos. a. = C$, rappresentando con C una quantità costante. Per conseguenza p starà in ragione diretta con cos. a.

Per lo che nel caso della parallasse P orizzontale, essendo $a = 0$, sarà $\cos. a = 1$; e però $P = C$. Nel caso della parallasse zenitale $a = 1$, e $\cos. a. = 0$; e però $p = C \times 0 = 0$. Nel caso finalmente della parallasse p d'altezza, poichè il coseno diminuisce coll'aumentare dell'angolo, la parallasse diverrà tanto più piccola, quanto più l'astro ascenderà sopra l'orizzonte.

determinazione: perchè l'osservazione può correggersi di questa piccola quantità dovuta al moto suo proprio, che si suppone cognito; oppure, facendo osservare il pianeta da altri allo zenit, si procura che le due osservazioni sieno contemporanee.

2° *Trovare la distanza di un pianeta dalla Terra, per mezzo della parallasse diurna* 1.

Risoluzione. Il problema ammette una risoluzione grafica, purchè si conosca in antecedenza il valore concreto del raggio della Terra, e siasi trovata la parallasse orizzontale (O P'C) del pianeta: e si tracci una retta (OC) rappresentante il raggio della Terra, e sugli estremi di essa si conducano due altre rette, una (O H) normale al detto raggio, e l'altra (CK) inclinata verso la medesima (OC) di un angolo (OCK) uguale al complemento della parallasse (O P'C). Quindi si misuri la retta CP' coll'unità concreta del raggio (CO). Tal misura sarà quella cercata.

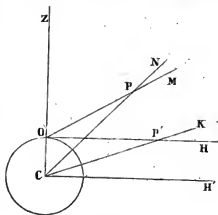



Fig. 50.

Dimostrazione. La ragione del metodo grafico è manifesta. Dacchè evidentemente il raggio della Terra (OC), la distanza (CP') del pianeta valutata dal centro di questa, e la distanza stessa (OP') valutata

1 Il problema ammette anche la seguente risoluzione trigonometrica. Si cerca nelle tavole il valore del seno di un angolo uguale a quello della parallasse orizzontale; e per questo seno si divide il valore del raggio terrestre, che si suppone cognito. La ragione di questo metodo è fondata sul teorema notissimo, che in ogni triangolo gli angoli stanno fra loro come i seni degli angoli opposti. Donde dee conseguitare che CP : CO :: sen. COP : sen. C P'O. Ma COP è retto, e però il suo seno vale 1; C D'O è l'angolo parallatico, cui diremo *P*; CP' è la distanza cer-

dal sito dell'osservatore costituiscono un triangolo rettangolo, il cui angolo acuto (C P'O) è il parallatico, e per conseguenza l'altro (P'C O) ne è il complemento.

IV. scolio. Si è ritrovato che la parallasse orizzontale del Sole è 8'',5776, ossia circa 8'',6. Dunque se la Terra fosse riguardata dal Sole, apparirebbe sotto l'angolo di 17''.

48. Altre nozioni preambule. — Il fenomeno della parallasse non è il risultato solamente della rotazione diurna della Terra, ma anche della rivoluzione annua.

I. scolio. Un pianeta P (fig.51.), ancorchè stesse fermo, non compiesse cioè una rivoluzione per l'orbita sua MN, dovrebbe ciò non ostante mostrare un movimento annuo, in virtù del moto stesso della Terra. Avvegnachè, stando questa in T, il pianeta apparirebbe in H; passando la Terra in U, sembrerebbe che il pianeta andasse in A; e questo si mostrerebbe in K, pel traslocarsi della Terra in V. E infatti da ciò provengono (**42.** II.3°) le stazioni, ed i moti retrogradi dei pianeti superiori. Non così, se il pianeta fosse riguardato da un osservatore collocato sul Sole, che sta fermo al centro S del sistema. In tal caso, finchè esso rimane in P, sarebbe sempre veduto in A.

II. definizioni. 1ª È stato denominato *sito geocentrico* quello, cui sembra occupare in Cielo l'astro veduto dalla Terra.

2ª Si dice *sito eliocentrico* quel punto di Cielo, che si vedrebbe occupato da un astro, che fosse riguardato dal Sole.

3ª La distanza fra il sito geocentrico e l'eliocentrico è chiamata *parallasse annua*.

cata d; CO è il raggio r. Dunque $d : r :: 1 : \text{sen.}P$. E perciò $d = \frac{r}{\text{sen.}P}$.

Si avverta per altro, che per varie ragioni, che non è espediente enumerar qui, conviene ritrovare coll'osservazione la parallasse d'altezza, non la orizzontale. Ma ciò non nuoce; mercè che è facile dedurre questa da quella. Infatti da quello che abbiamo detto or ora deducesi che $\text{sen.}P = \frac{r}{p}$. Sappiamo inoltre dalla Nota antecedente che $\frac{r}{d} = \frac{p}{\cos.a}$. Dunque sarà anche $\text{sen.}\ P = \frac{p}{\cos.a}$. Formola che dà il valore della parallasse orizzontale per mezzo di quella d'altezza.

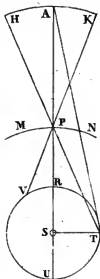
4ª Si denomina *angolo parallatico* quello (SPT) formato dalle due rette, che, partendo una dal centro della Terra, e l'altra dal centro del Sole, si rincontrano al centro dell'astro, e vanno oltre.

III. TEOREMA. *Tutta l'orbita della Terra in confronto al Cielo è un nonnulla.*

Dimostrazione. Imperocchè i punti di sfera stellata, ai quali successivamente si dirige nel corso dell'anno l'asse della Terra, sebbene debbano trovarsi disposti sopra una circonferenza uguale all'eclittica, ossia del diametro di 300 milioni di kilometri, ciò non pertanto si confondono tutti in un punto solo. Dappoichè se fosse diversamente, i due punti intorno ai quali sembra diurnamente ravvolgersi la sfera celeste, che sono poi quelli ai quali perviene la retta indefinita passante pei poli terrestri, dovrebbero cangiare ogni giorno. Invece essi, cioè i poli celesti, stanno anche apparentemente fermi. Dunque tutta l'area del circolo dell'eclittica non è, in confronto al Cielo, che un sol punto fisico.

Fig. 51.

IV. COROLLARII. 1° Dunque tutte le rette, che partendo dalla Terra in diversi tempi dell'anno pervengono al medesimo punto di Cielo, sono parallele fra loro. Dacchè queste rette fisicamente confondonsi insieme: mentre non solo giungono ad un solo punto celeste, ma partono anche da tali punti dell'eclittica, che debbono sensibilmente considerarsi come un punto solo.

2° Dunque l'angolo parallatico è uguale alla distanza angolare fra il sito geocentrico, e l'eliocentrico, misurata dalla Terra. Infatti l'angolo SPT dee dirsi fisicamente uguale all'arco AH, ossia all'angolo ATH. E veramente, essendo la AS sensibilmente parallela alla AT, l'angolo ATH sarà alterno ad SPT. Ma SPT è l'angolo parallatico, ATH è la sopraddetta distanza misurata dalla Terra. Dunque ecc.

49. Parallasse annua. — I. SCOLIO. Trattandosi di astri molto lontani, il loro angolo parallatico diurno dee ridursi a così poca cosa, da non poter essere sensibile ai nostri circoli, sebbene pel nonio divisi in centesimi di secondo. Allora conviene ricorrere alla più ampia base della parallasse annua.

II. PROBLEMI. 1° *Trovare la parallasse annua di un pianeta.*

Risoluzione. Si determini in un tempo qualunque il sito geocentrico dei pianeta; quindi si attenda l'istante della prossima congiunzione, od opposizione, e di nuovo si determini il sito geocentrico per quell'istante. La differenza angolare dei due siti, fatta la correzione dell'arco percorso dal pianeta fra le due osservazioni, è la parallasse cercata.

Dimostrazione. Il sito geocentrico è identico coll'eliocentrico, nel momento in cui accade la congiunzione o l'opposizione. Dacchè allora le due rette, che congiungono il Sole e la Terra col pianeta, si confondono insieme. Siccome per altro tra una osservazione e l'altra il pianeta si trasloca per l'orbita sua, è necessario fare la riduzione dovuta a questo movimento, che si suppone cognito.

2° *Trovare per la parallasse annua la distanza di un pianeta dalla Terra.*

Risoluzione. Bisogna principiare dal determinare la parallasse del pianeta nell'istante della quadratura, cioè in tal momento che le due rette (ST,SP), le quali congiungono il pianeta e la Terra col Sole, riescano ortogonali fra loro. Ciò fatto, si tracci sulla carta un angolo retto (TSP); e ad un lato (ST) di questo si dia una lunghezza proporzionale al raggio dell'eclittica, o alla distanza del Sole dalla Terra, distanza già ritrovata per mezzo della parallasse diurna; poscia sull'estremo (T) della retta stessa si faccia un angolo (STP) uguale al complemento dell'angolo (SPT) parallatico. La retta (PT), che forma quest'angolo, taglierà l'altro cateto (SA) indefinito in una porzione (SP) rappresentante la distanza del pianeta (P) dal Sole (S).

Dimostrazione. Il perchè di tale risoluzione è manifesto [1].

[1] Il problema si risolve con più esattezza pel metodo trigonometrico. Perciocchè abbiamo un triangolo STP, in cui sono cogniti due angoli,

3° *Determinare il diametro reale dei pianeti.*

Risoluzione. Si ritrovi, coi metodi testè esposti, il valore del cateto più breve di un triangolo rettangolo, il cui cateto maggiore sia uguale alla distanza del pianeta (di cui si cerca il diametro) dalla Terra, ed il cui angolo più acuto sia uguale alla metà dell'angolo, sotto cui è veduto il diametro medesimo.

Dimostrazione. Sia un pianeta P (fig. 52.), del cui diametro AB si domanda la grandezza lineare. Imagino due rette, una delle quali dal mio occhio, collocato in T, vada al centro C del pianeta, e l'altra dall'occhio stesso giunga all'estremo A del detto diametro. Avrò un triangolo rettangolo ACT, nel quale è noto il lato CT, distanza del pianeta dalla Terra, e l'angolo ATC, che è la metà dell'angolo ATB, sotto cui mi apparisce il suo diametro. Dunque o graficamente o trigonometricamente potrò conoscere anche il lato AC, che è la misura lineare del semidiametro cercato.

Fig. 52.

59. Grandezza e distanza lineare dei pianeti. — Passiamo ora a vedere quali risultati siensi ottenuti dalla determinazione delle parallassi.

*I. SCOLII. 1° Vedremo più tardi come si possano misurare due o tre gradi di meridiano terrestre, e come da questa misura siasi dedotto che ciascun grado (che corrisponde a 60 *miglia geografiche italiane*, e che si è convenuto di dividere in **111** kilometri) è poco più di **71** miglia romane. S'intende facilmente che questo numero moltiplicato per **360** dà il valore di tutta la circonferenza del meridiano, e che il terzo abbondante di questo valore rappresenta il diametro reale del globo terracqueo. Or bene; tale diametro è di miglia

cioè il retto PST, ed il parallatico SPT, ed un lato, cioè ST. Ora dati tre elementi di un triangolo, fra i quali ritrovisi un lato; non solo graficamente, ma anche trigonometricamente tutti gli altri elementi sono conosciuti.

geografiche italiane 6875, ossia kilometri 12700, che corrispondono ad 8 mila miglia romane, o leghe 2865. E però il raggio della Terra è leghe 1432, miglia geografiche 3437, miglia romane 4 mila, kilometri 6400.

2° Il Sole à dunque una parallasse diurna uguale ad 8″,58: ossia tanta è la grandezza angolare del raggio terrestre, veduto alla distanza del Sole. Su questa base un facile calcolo dimostra, che il Sole dista dalla Terra di ben 24 mila raggi terrestri. Il che equivale a più di 34 milioni di leghe, o 152 milioni di kilometri, o circa 100 milioni di miglia romane, oppure 82 milioni di miglia italiane. Per farsi un' idea di così enorme distanza convien riflettere che una palla da 24, lanciata da 8 kilogrammi di polvere, sebbene percorra 800 metri a secondo, cioè quasi 4 mila kilometri a ora, dovrebbe impiegare 6 anni per arrivare al Sole. Quindi è che ogni minuto secondo del diametro solare à un'estensione di 733 kilometri. Ora tal diametro è 2000″; dunque vale quasi un milione e mezzo di kilometri: onde per la sua rotazione è dotato della velocità di 8 mila kilometri a ora. Il volume poi del Sole è 1 milione e 300 mila volte maggiore di quello della Terra.

3° La Luna à una parallasse di circa 1°; o ciò che è lo stesso, il raggio terrestre veduto dalla Terra apparirebbe di 1°. La Luna invece si mostra alla Terra con un raggio di quasi 16′. Dunque il diametro Lunare è più della quarta parte del terrestre, cioè 0,2729; ossia quasi 3 migliaia e mezzo di kilometri. La distanza poi della Luna dalla Terra è 400 volte minore di quella del Sole, cioè 60 raggi terrestri, ossia 384 mila kilometri, che corrispondono al quarto del diametro solare. Il suo volume è circa $^1/_{49}$ del terrestre.

4° Mercurio dista dal Sole 0,387098 raggi medii dell'eclittica, ossia 9284 raggi terrestri, i quali equivalgono a 59 milioni di kilometri. Il suo diametro è di 5 mila e 300 kilometri, ossia circa $^2/_5$ del diametro terrestre; e però il suo volume è $^1/_{16}$ di quello della Terra.

5° Venere sta ad una distanza dal Sole uguale a 0,723332 raggi medii dell'eclittica, ossia 17348 raggi terrestri, cioè kilometri circa 110. A un diametro uguale quasi a quello

della Terra, cioè 12 milioni e 400 kilometri; e però il suo volume è di $^1/_9$ inferiore al terrestre.

6° Marte percorre un'orbita, il cui raggio medio vale 1,523694 raggi dell'eclittica, cioè 36544 raggi terrestri, i quali equivalgono a 233 milioni di kilometri. Il diametro è metà, ed il volume $^1/_8$ del terrestre.

7° Polinnia, che è l'asteroide il quale gira medio fra tutti [1], ritrovasi distante dal Sole di 2,866 raggi d'eclittica, ossia circa 450 milioni di kilometri. Il diametro poi degli asteroidi più grandi è $^1/_{48}$ del diametro della Terra.

8° Giove percorre un'orbita, il cui raggio è 5,202791 raggi d'eclittica, cioè kilometri 800 milioni. Il diametro supera di 11 volte abbondanti il terrestre, ed il volume è 1281 volte quello della Terra.

9° Saturno scorre alla distanza di 9,538770 raggi dell'eclittica; il che importa circa mille e 200 milioni di kilometri. Corre colla velocità di 3 mila e 500 kilometri a ora; à un diametro uguale a kilometri 127 mila; ed un volume quasi mille volte maggiore del terrestre. Il diametro esterno del suo anello è kilometri 284 mila.

10° Urano compie un'orbita, il cui raggio è 19,1824 volte quello dell'eclittica, ossia quasi tremila milioni di kilometri. Il suo diametro vale kilometri 53 mila, ed il volume è 80 volte quello della Terra.

11° Nettuno è lontano dal Sole di 30,03 raggi dell'eclittica, vale a dire di circa 4 mila e 600 milioni di kilometri; ed à un diametro uguale a kilometri 60 mila circa.

12° Il primo satellite di Giove dista da questo 6,05 semidiametri dell'equatore gioviale; il secondo 9,62; il terzo 15,35; il quarto se ne discosta di ben 27.

13° Il primo satellite di Saturno è distante dal suo primario semidiametri 3,35 di questesso, il secondo ne dista 4,30; 5,28 il terzo; il quarto 6,82, cioè circa kilometri 390 mila; semidiametri saturnini 9,55 il quinto; 22,14 il sesto; 28 il settimo, e 64° l'ultimo.

1 Gli asteroidi, conosciuti fino a tutto il mese di Settembre dell'anno presente 1863, sono 79.

14° Il primo satellite di Urano gira alla distanza di 388 mila kilometri, che sono 13,12 raggi di Urano stesso; il secondo a quella di 17; a 20 il terzo; a 23 il quarto; il quinto a 45,5; il sesto alla distanza di semidiametri 91.

15° Il satellite di Nettuno dista dal suo pianeta 392 mila kilometri, ossia circa 13 volte il raggio del pianeta.

16° La cometa di Halley nella sua massima vicinanza al Sole, ossia al perielio, ne dista 0,58 raggi di eclittica, ossia 88 milioni di kilometri, il che significa che passa tra l'orbita di Mercurio e quella di Venere (fig.53.). Alla distanza afelia dista dal Sole kilometri più di 5 milioni, cioè 35,3 raggi di eclittica; e questo vuol dire che va al di là di Nettuno. È insomma (H) una cometa esterna, ed a lungo periodo.

17° La cometa di Biela, che alcuni chiamano di Gambart (perchè sebbene quegli la scoprisse pel primo a Iohannisberg, si sostiene che solo questi la dimostrasse identica a quelle del 1805, e del 1772), à una distanza afelia uguale a 6,1926, cioè kilometri 981 milioni, e la perielia a 0,8565 o 130 milioni. Questa dunque (B) passa prima tra Venere e la Terra, e poi va tra Giove e Saturno. Si temè che essa nel 1832 potesse urtare la Terra, ma sopra uno stesso punto di eclittica passò la cometa il 29 ottobre, e la Terra il 30 novembre, ond'è che questi due astri quando furono vicinissimi distavano fra loro di ben 90 milioni di kilometri. Del resto la cometa di Biela non à coda; e però non vi era da preoccuparsi che del nucleo e della nebulosità. È questa, cui Struve a Poulkova nel 1846 pel primo vide divisa in due.

18° La cometa di Faye (F) al perielio dista dal Sole raggi d'eclittica 1,7, cioè 2 mila e 58 milioni di kilometri; all'afelio poi ne è distante 899 milioni e mezzo di kilometri, ossia raggi d'eclittica 5,931. Dunque essa, alla minima distanza, passa fra l'orbita di Marte e quella di Flora, primo fra i planetoidi a noi conosciuti; alla massima, esce alquanto dall'orbita di Giove.

19° La cometa di Encke (E) al perielio dista dal Sole 0,337, cioè 51 milioni di kilometri; all'afelio poi ne è distante 4,0926, vale a dire kilometri 622 milioni. Essa dunque (E) passa una volta dentro l'orbita di Mercurio, e l'altra molto al di là

dell' orbita dell' ultimo planetoide Dori, e vicino a quella di Giove.

20° Quanto alle comete potrebbe bastare quello che abbiamo detto delle quattro, le quali sono certamente periodiche; perchè il loro ritorno è stato prima predetto, e poi esattamente avverato. Ma per dire qualche cosa della grandezza stessa delle loro code e della loro celerità, aggiungeremo qualche altra notizia. La più ampia delle due code della cometa del **1861** avea un diametro trasversale di un milione abbondante di kilometri, ed una lunghezza di **17** milioni;

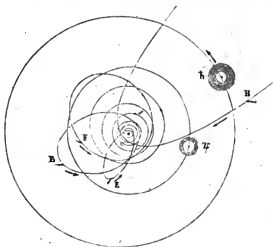



Fig. 53.

l'altra coda era lunga kilometri **37** milioni. Essa medesima avea una velocità **100** volte maggiore di quella dei proiettili, cioè di **57** kilometri a secondo. Assai più celere è la cometa del **1858**, la quale à una coda lunga **37** mila milioni di kilometri. La coda della cometa del **1811**, la quale si reputa la più grande di tutte, era nientedimeno kilometri **160** mila milioni.

21° Per farsi un'idea dell'immenso viaggio che fanno le comete esterne, quelle cioè che ànno il loro afelio al di là di Nettuno, si rifletta che quella del **1811**, dopo essere venuta

a circolare intorno al Sole, deve dilungarsene di ben 69 mila milioni di kilometri, ossia deve andare circa 15 volte più in là di Nettuno. Quella, che tutti vedemmo cinque anni fa, veniva dall'enorme distanza di 230 mila milioni di kilometri; e perciò, sebbene essa credasi la più celere di tutte, impiega 2338 anni a compire l'orbita sua. La cometa, che sembra avere il suo afelio alla maggiore distanza di ogni altra, dicesi essere quella scoperta a Parigi da Mauvais il 7 luglio 1844; la quale, secondo i calcoli di Plantamour, impiega 100 mila anni a compire la sua rivoluzione.

II. COROLLARII. 1° Dunque, prescindendo da Nettuno, l'orbita di ciascun pianeta primario dista da quella di Mercurio a un dipresso il doppio dell'antecedente. Dacchè, ove si confrontino i numeri sopra assegnati, e si prenda per unità il decimo del raggio dell'eclittica, o dell'orbita della Terra; facilmente si vedrà che Mercurio dista dal Sole 3,9 di tali decimi; Venere ne dista 7,2; la Terra 10; Marte 13,2; Polinnia 28,6; Giove 52; Saturno 95,3; Urano 191. Per la qual cosa levando dal raggio di ciascun' orbita il 4, che rappresenta il raggio dell'orbita mercuriale; la distanza dell' orbita di Venere da quella di Mercurio è 3, da questa stessa dista quella della Terra 6, Marte 12, Polinnia 24, Giove 48, Saturno 91, Urano 187. Questa legge, che non abbraccia Nettuno, e che è un poco inesatta [1] per gli ultimi due pia-

1 Il nostro dotto professore di Fisica Tito Armellini romano si è dato a ricercare una nuova legge, la quale comprendesse anche Nettuno, e fosse scevra dell'inesattezza, che trovasi in quella di Bode, applicata a Saturno ed Urano: mentre questi ultimi in fatto distano da Mercurio rispettivamente 91 e 187, e Nettuno 296; quando, secondo quella legge, dovrebbero discostarsene invece di 96, 192, e 384. Esso assume per unità di misura il diametro solare, ritenendolo uguale ad 1 milione e 466 mila kilometri, ed introduce nel computo anche Flora 1° asteroide, e Dori ultimo. Ora le distanze planetarie, stando a questa misura, sono le seguenti. Mercurio 40,523; Venere 75,722; Terra 104,685; Marte 159,508; Flora 230,831; Polinnia 287,989; Dori 345,147; Giove 544,657; Saturno 998,580; Urano 2008,080; Nettuno 3179,260. Or bene; l' Armellini propone per i primi sette una sola formola $4 + 3 \times m$, in cui m passa pei valori 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10; un' altra formula unica per gli ultimi tre, cioè $nQ + 3^n$, in cui Q rappresenta la distanza di Saturno — 3, ed n passa pei valori 1, 2, 3; e finalmente una formula nume-

neti, chiamasi la *legge di Bode*, sebbene questi non ne abbia forse il merito dell'invenzione.

2° Dunque ciascuno [1] dei satelliti di Giove dalla metà del raggio dell'orbita del primo dista il doppio dell'antecedente. Infatti la distanza del primo è $3+3\times1$, quella del secondo è $4+3\times2$, del terzo è $3+3\times4$, quella del quarto è $3+3\times8$.

3° Dunque ciascuno dei cinque ultimi satelliti di Saturno dalla metà abbondante del raggio dell'orbita del quarto dista il doppio del suo antecedente; ma debbono eccettuarsene il sesto e l'ottavo, che se ne discostano quello un poco meno, e questo molto più del doppio del loro precedente. Dacchè da Giove il quarto dista $4+3\times1$, il quinto $4+3\times2$, il sesto $4+3\times6$, il settimo $4+3\times8$, l'ottavo $4\times4+3\times16$.

4° Dunque i satelliti di Urano distano ugualmente fra loro, ma il quinto dista dal primario il doppio del quarto, ed il sesto il doppio del quinto. Imperciocchè le distanze loro dal primario si seguono secondo i numeri 14, $14+3\times1$, $14+3\times2$, $14+3\times3$, $(14+3\times3)2$, $(14+3\times3)4$.

51. Legge della descrizione equabile delle aree.

I. scolio. La distanza della Terra dal Sole è palesemente varia (**22**.III.); e una forte varietà si riscontra anche nelle distanze di Mercurio dal Sole medesimo, per la diversità che si manifesta fra le sue massime elongazioni, le quali sono talvolta di 16°, talvolta di quasi 29°. Insomma tutti i pianeti or sono afelii, ed ora perielii (**27**.I.1ª). Dunque il Sole non si ritrova al centro delle orbite dei pianeti. Ma oltre ciò la velocità di questi è evidentemente varia. La Terra per esempio, quando è perielia, va più veloce, e meno quando è afelia (**22**.III.1ª); e tal differenza è tanta da non potersi

rica, simmetrica a bastanza colle tre ultime, rappresentante la distanza di Giove. Ecco tutte le formule numeriche: Mercurio $4+3\times0$, Venere $4+3\times1$, Terra $4+3\times2$, Marte $4+3\times4$, Flora $4+3\times6$, Polinnia $4+3\times8$, Dori $4+3\times10$, Giove $6\times4+3\times10\times1+3^0$, Saturno $9\times4+3\times10\times2+3^1$, Urano $18\times4+3\times10\times4+3^2$, Nettuno $27\times4+3\times10\times6+3^3$.

1 Anche queste formule sulle distanze dei satelliti sono state proposte dal sullodato Professor Armellini.

ascrivere ad un effetto ottico, dovuto alla varia distanza del Sole. Da questi fatti Kepler fu condotto a sospettare che fra le varie distanze di un pianeta dal Sole, e la sua differente velocità vi fosse un qualche nesso. In guisa che il Sole occupasse un punto talmente collocato dentro l'orbita circolare, della Terra esempigrazia, che da tal punto traendo tante linee ai punti successivi della circonferenza, ai quali dopo ogni unità di tempo si trasloca la Terra, le aree dei settori (che ne nascono) debbano essere tutte equivalenti. E dopo lunghi studii fu in grado di dimostrare la seguente legge, che suol chiamarsi *della descrizione equabile delle aree*; la quale più tardi è stata verificata eziandio per i pianeti inferiori.

Fig. 54.

II. TEOREMA. *Le aree descritte dai raggi vettori sono proporzionali ai tempi impiegati.*

Dimostrazione. Ecco come la cosa può accertarsi. Sia S (fig. 54.) il Sole, BT un arco di ecclittica, descritto dalla Terra, al quale sia eccentrico il punto S; e tirati da S i due raggi vettori BS e TS, si conduca per T fra questi l'arco AT avente per centro il punto S. L'area del settore eccentrico BTS, se appartenga ad un arco piccolissimo, descritto (per dire una cosa) dalla Terra in un'ora, o in un minuto, si confonde fisicamente con quella del rispondente settore concentrico AST, e con quella pure di un triangolo rettilineo AST. Ora questa, secondo la Geometria, non è che il prodotto della metà del raggio vettore ST per l'arco AT. Adesso fatto centro S, e coll'apertura *a*S uguale all'unità di misura, si conduca fra i detti due vettori l'arco *at*. Certo fra l'arco AT ed il suo simile *at* vi è lo stesso rapporto, che fra i due raggi TS ed 1; cosicchè AT sta ad *at*, come TS sta all'unità. E però AT è uguale al prodotto di TS con *at*. Onde BST viene ad essere uguale alla metà di ST, moltiplicata pel sopraddetto prodotto; ossia alla meta del quadrato di TS moltiplicato per l'arco *at*. Resta adesso a vedere se, ad onta che ora per ora, e minuto per minuto vada can-

giando l'ampiezza dell'arco (per la varietà della velocità), e la lunghezza del raggio vettore (per la varietà della distanza della Terra dal Sole), ciò non ostante il prodotto di quello pel quadrato di questo si mantenga costante. Ora ciò si verifica perfettamente. Fra i valori degli archi sincroni (ossia percorsi nel tempo stesso) dell'afelio e del perielio si trova di fatto il rapporto medesimo, che fra i valori dei quadrati dei diametri apparenti. Per esempio il quadrato del diametro del Sole perigeo (che è **32′,593**) sta al quadrato del diametro del Sole apogeo (uguale a **31′,516**), come gli archi percorsi nell'unità di tempo nel perigeo e nell'apogeo. Ma i diametri apparenti, e però anche i quadrati di essi stanno fra loro, come gli angoli sotto i quali sono veduti; e questi sono inversamente proporzionali alle distanze dei diametri medesimi, ossia ai raggi vettori; e però anche ai loro quadrati. Dunque il quadrato del raggio vettore apogeo, moltiplicato per l'arco apogeo, è uguale al quadrato del vettore perigeo, moltiplicato per l'arco pure perigeo. Il che significa che il prodotto del quadrato del raggio vettore pel rispondente arco è lo stesso tanto al perigeo, che all'apogeo. Se dunque i prodotti restano uguali nella massima variazione dei loro fattori, converrà dire che il prodotto di un arco, preso in qualunque punto dell'orbita, pel quadrato del raggio vettore corrispondente a quel punto, è una quantità costante. E per conseguenza ciascun settore, che è rappresentato dalla metà di quel prodotto, è equivalente, purchè sia descritto in tempi uguali; ed è doppio di un altro, se è descritto in un tempo duplice dell'altro; triplo, se descritto in tempo triplice; ecc. Dunque [1] ecc.

52. Legge delle orbite ellittiche dei pianeti. — I. SCOLII. 1° Kepler presto s'avvide, che verun' orbita circolare potea esibire quella di Marte, nè la descrizione equabile delle aree, intorno a un punto preso dentro un circolo, varrebbe a rappresentare il suo movimento. Allora si diè a

1 D, V, ed A esprimano rispettivamente il diametro, il vettore del Sole apogeo, e l'arco percorso da esso nell'unità di tempo; e d, v, a le cose stesse pel Sole perigeo; sarà $D:d::v:V$, ed anche $D^2:d^2::v^2:V^2$. Ora di fatto $D^2:d^2::A:a$. Dunque $A:a::v^2:V^2$; ed $AV^2=av^2$.

ricercare qual forma potrebbero avere le orbite planetarie. Dopo lunghe fatiche alternativamente proseguite fra l'esaltazione di uno sperato trionfo, e l'amaro dispiacere di vedersi venir meno l'una dopo l'altra le sue teorie che, non mostrandosi corrispondenti ai fatti, lo aveano ridotto quasi, come egli stesso racconta, alla pazzia; egli ebbe l'immensa soddisfazione di trovare che appunto un'orbita ellittica descritta intorno al Sole, collocato in un de' fuochi, concordava perfettamente coi movimenti osservati del pianeta Marte.

2° Trovò quindi, che la sua antecedente teoria delle aree equabili era un'approssimazione, e che dovea enunciarsi con esattezza nel seguente modo: *il raggio vettore dell' orbita ellittica di un pianeta descrive aree uguali in tempi uguali.* Questa allora denominò *legge seconda*, e disse *prima legge* quella delle orbite ellittiche; la quale è generalissima, potendosi essa dimostrare non solo di Marte, ma di ogni corpo celeste dotato di moto proprio.

3° Il metodo, che passiamo ad esporre, non è esattamente quello usato da Kepler, e dagli Astronomi posteriori per verificare la legge delle orbite ellittiche; ma spiega almeno come sia possibile lo scoprirla, e dimostrarla.

4° Questa legge prima si avvera ancora nei pianeti secondarii: dacchè anch'essi percorrono delle ellissi, un fuoco delle quali è occupato dal rispettivo primario.

5° Anzi obbediscono a questa legge anche le comete. Le quali, se sono esterne, vengono da remotissime plaghe del Cielo, ed inframettendosi nel sistema solare, scorrono per un'absida della loro ellisse, il cui foco prossimo è occupato dal Sole, e poi di nuovo si allontanano, e vanno nell'afelio a raggirarsi per l'altro abside. È vero che noi non le vegghiamo, e non le calcoliamo che allora quando vengono al perielio; perciocchè la loro lucé è così poco intensa che, quando esse distano più dell'orbita di Marte, non giunge fino alla Terra: ma ciò non toglie la certezza della legge. Dacchè Ticone avvertì che le comete seguono il moto diurno della sfera, e ne concluse che esse non sono altrimenti fenomeni meteorici, ma cosmici, si vide una grande analogia fra le comete ed i pianeti. Ma fu Newton, il quale dimostrò dappri-

ma quello che fu da Halley pienamente confermato dappoi, che cioè le comete scorrono per curve coniche. Veramente appena una cometa si presenta, se ne calcolano gli elementi parabolici, o ciò che è lo stesso, la loro strada si considera come l'abside di una ellisse, il cui asse principale sia infinito, ed il foco sia nel Sole: dappoichè una ellisse assai allungata coincide in gran parte con una parabola, che abbia lo stesso foco, e lo stesso vertice. Ma in molti casi gli elementi parabolici, che sono l'inclinazione dell'orbita all'eclittica, la longitudine del nodo e del perielio, la distanza perielia, e la direzione del moto, non coincidono con nessuna parabola; allora si cerca l' orbita ellittica. Tre osservazioni bastano a ciò: dalle quali si deduce la lunghezza del semiasse principale, e da questa l' eccentricità. Con questo metodo si è potuto predire il ritorno delle quattro comete che, essendo ricomparse appuntino nel tempo predeterminato, ànno confermata la verità della supposizione, che l'orbita loro sia ellittica. In molti altri casi gli elementi parabolici coincidono bene colla supposizione del cammino parabolico; ma allora è segno che la cometa è esterna ed a lungo periodo : in virtù per altro dell'analogia si deve ritenere, che la sua orbita sia ellittica, sebbene allungatissima. E però dee dirsi, che tutte le comete a noi visibili circolano intorno al Sole. Nè fa difficoltà, che le comete anche allora quando ritrovansi nell'interno dell'eclittica, ossia dentro l'orbita della Terra, non mostrino le fasi come fanno Mercurio e Venere. Il che è verissimo. E infatti la cometa del **1861** il **10** Luglio era in tal posizione, che avrebbe dovuto vedersi falcata; eppure ritenne tutta la sua luce. Ma ciò accade o perchè il loro nucleo è dotato di luce propria, come si è asserito per le comete del **1680**, e del **1843**; o perchè, ammettendo anche ciò che è più probabile, che cioè il nucleo risplenda della luce solare (come è provato della coda e della nebulosità ambiente il nucleo), questo nucleo è tanto poco denso, che riesce illuminabile e visibile anche per trasparenza.

II. TEOREMA. *Le orbite dei pianeti sono altrettante ellissi, in uno de' cui fuochi è situato il Sole.*

Dimostrazione. A rendere intelligibile il metodo, col quale

può comprovarsi questa prima legge kepleriana, premetto che, se la parallasse del Sole fosse un angolo così grande da assicurarci da ogni sbaglio nella determinazione della lunghezza dei singoli raggi vettori, la verificazione di questa legge, come della antecedente, sarebbe assai semplice. Basterebbe riportare sulla carta (fig. 55.), intorno a un punto (S) preso come posizione del Sole, tanti raggi indefiniti, alla distanza scambievole (ab, bc, cd, de,....) voluta dalla diversa grandezza degli archi descritti dalla Terra nelle successive unità di tempo; e data a ciascuno di tali raggi la varia lunghezza (Sx, Sy, Sz,...) determinata colla parallasse, riunirne insieme gli estremi (x,y,z,...). Ma la Terra, ove fosse veduta dal Sole, apparirebbe sotto un angolo non maggiore di 17″. Ora ognun vede che una sì tenue parallasse non può dare con precisione le leggiere variazioni dei raggi vettori (Sx,Sy,Sz,...). Non ostante non manca modo di precisarle. Si conosce dall'osservazione diretta che la Terra, alla distanza media dal Sole, apparentemente descrive in un giorno un arco di 59′,128; il qual numero (se la detta distanza media prendasi per unità di misura) non è che il prodotto dell' arco diurno nel quadrato del raggio vettore medio, ossia $1^2 \times 59',128$. Ma tal prodotto è sempre costante, secondo quello che abbiamo detto poco fa (**51**.II.). Dunque sussisterà l'equazione fra il detto prodotto, e quello di un arco diurno preso a piacere, e moltiplicato pel quadrato del rispettivo raggio vettore [1]. E però ottenuto che siasi coll'osservazione l'arco diurno di qualsivoglia data, se per quest' arco

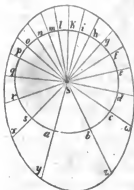



Fig. 55.

1 In poche parole, $V^2 \times A = C$, ove C indica una quantità costante. Dunque anche nel caso del raggio vettore medio. Ma in tal caso $V = 1$, $A = 59',128$. Dunque $V^2 \times A = 1^2 \times 59',128 = 59',128$, e

$$V = \sqrt{\left(\frac{59',128}{A}\right)}.$$

dividasi il 59',128, il quoto, che si otterrà, rappresenterà il quadrato del raggio vettore, e la radice quadra di tal quoto avrà il valore del raggio vettore stesso, dato in parti della distanza media presa per unità. Il perchè colla sopraddetta costruzione grafica (fig.55.) riportando sui singoli raggi indefiniti (Sa, Sb, Sc,...) le lunghezze a questo modo ottenute, e congiungendo gli estremi di questi raggi si otterrà la curva percorsa dalla Terra. E questa risulta dotata dei caratteri di quella sezione conica, che è detta ellisse, e il punto occupato dal Sole si ritrova essere uno dei fuochi di essa.

53. Relazione fra gli anni planetarii, ed i semiassi principali. — I. SCOLII. 1° Ma vi è un altro fatto, che merita di esser considerato, ed è che i diversi pianeti impiegano tempi molto differenti a compire la loro rivoluzione periodica. Venere a cagion d'esempio vi impiega più di Mercurio, la Terra più di Venere, Marte più della Terra: in una parola gli anni planetarii sono più lunghi per i pianeti più distanti dal Sole. Vi è per avventura qualche proporzione fra le distanze, e la diuturnità delle rivoluzioni periodiche? A prima giunta veruna. Ma una felice ispirazione suggerì a Kepler di ammettere dei quadrati, e dei cubi nel confronto fra le dimensioni delle orbite, e i tempi delle rivoluzioni; e il problema fu risoluto colla invenzione della così detta *terza legge kepleriana*, cui esporremo nella seguente Proposizione.

2° È questa terza legge, che fa conoscere agli Astronomi il momento del ritorno delle comete. Imperocchè trovati i semiassi principali delle loro orbite ellittiche ed innalzatili al cubo, si deve ottenere la relazione stessa che passa fra i quadrati dei tempi delle rivoluzioni delle comete medesime.

II. TEOREMA. *I quadrati degli anni planetarii sono proporzionali ai cubi dei semiassi principali.*

Dimostrazione. Questa legge non è che il risultato di confronti sui valori numerici e degli anni planetarii, e dei raggi vettori. Sappiamo che l'anno di Marte è lungo giorni 686, e 9786 decimillesimi di giorno, e quello di Venere è 224^{g}, 7008; si innalzino al quadrato questi due numeri, e si dividano uno per l'altro; ne risulta per quoto **9,34714**. Sappiamo parimente che la distanza media di Marte dal Sole è

1,52369, e quella di Venere è 0,72333; si innalzino al cubo questi due numeri, e si divida un cubo per l'altro, si ottiene 9,3..., cioè *a un dipresso* lo stesso quoto. Dissi *a un di presso*, perchè quei valori sono approssimativi, e i loro piccoli errori sono dalle moltiplicazioni ingranditi.

*51. **Conclusione.**— 1. Queste tre leggi di Kepler sono più esatte che le osservazioni, donde sono state dedotte; meritano l'ammirazione dei Geometri, come uno dei più fe-

Fig. 56.

lici risultati dell'applicazione del calcolo alle osservazioni; e costituiscono la base dell'Astronomia, riunendo tutti i pianeti in una sola famiglia, e legandone i movimenti a un principio comune. Imperocchè ad esse ubbidiscono i pianeti primarii, ad esse ubbidiscono i satelliti, ad esse ubbidiscono le comete; e sono, per dir così, il codice che regola il Cielo. Ma quello che è più, esse contengono in germe la gran legge della gravitazione universale; la quale spiega mirabilmente il moto incessante, e l' imperturbato equilibrio di tutto il

sistema solare. Kepler, allo scoprire nel 1618 la terza legge che (senza il moderno sussidio dei logaritmi) avea ricercato indefessamente fin dal 1600 in poi, fu trasportato a segno da sostenere la falsità dei suoi calcoli. Quale non sarebbe stato il suo entusiasmo, se avesse potuto prevedere che esso avea in qualche modo, colla invenzione delle sue leggi, preparata la scoperta ancor più grande fatta 50 anni appresso da Newton!

II. Non son dunque del tutto anomale le distanze dei pianeti dal lor centro comune; vi è una matematica relazione fra le distanze dei pianeti, ed i tempi delle loro rivoluzioni; sebbene la loro velocità sia varia, la descrizione delle aree è equabile; sebbene distino quando più quando meno dal Sole, questa non è un'anomalia, ma dipende dalla natura della curva regolarissima da essi percorsa. Ma supposto che il Sole e i pianeti si avvolgano continuamente intorno all'immobile Terra, ogni legge, ogni proporzione, ogni simmetria sparisce; subentra la confusione, il disordine, la complicazione; e Re Alfonso può giustamente vantarsi della più grande delle assurdità, di aver cioè concepita un' idea più semplice di quella, che à saputo immaginare l'infinita Sapienza creatrice.

ARTICOLO IV.

REALE SISTEMA STELLARE.

55. Spiegazione della precessione, e della nutazione. — Non solo il moto diurno ed annuo, ma anche quello di precessione e di nutazione appartiene alla Terra. Prima di provare l'assunto convien dimostrare, che i fenomeni si adattano ottimamente ad esso.

I. SCOLII. 1° Conciliammo già (**42**. II.1°) il ritorno periodico delle stagioni, ed i fenomeni sì annui che diurni provenienti dal Sole col moto annuo della Terra. E ciò ottenemmo col ricordare, che dei due circoli (fig.56.) perpendicolari all'eclittica, vale a dire il terminatore (TR) ed il circolo dell'asse (AB), intersecantisi in quel diametro terrestre, che riesce

perpendicolare al piano dell'eclittica ♈ ♓ ♊..., il primo dee ravvolgersi completamente intorno al detto diametro nel corso di un anno, ed il secondo dee restar fermo relativamente alla Terra, e riguardo all'eclittica deve procedere parallelamente a se stesso. Ma quest'ultima cosa (che stando ai fenomeni più ovvii e grandiosi è verissima), se si consultino con più diligenza i fatti (**33**.I.), si trova non essere esattamente vera. Ebbene, a dar ragione di tale anomalia, suppongasi che mentre la Terra percorre l'orbita sua, il circolo dell'asse (AB) si venga pian piano ravvolgendo intorno al sopraddetto diametro (normale al piano della figura); per la ragione che l' asse medesimo, sebbene conservi la sua inclinazione di 23°,28′ col medesimo, pur si volge nel senso inverso a quello, in che gira il terminatore (TR). È evidente come al ritornare della Terra al punto equinoziale ♈, donde essa erasi dipartita un anno innanzi, il circolo dell' asse (AB) non ricombacerà col terminatore: perchè in questo momento non sarà perpendicolare al raggio vettore, ma lo fu qualche istante prima; come lo sarebbe alquanto dopo, se il circolo dell' asse si fosse piegato nel senso stesso, in cui volgesi il piano del terminatore. Dunque dal ravvolgersi del circolo dell' asse, insieme all' asse stesso della Terra, lentissimamente intorno al diametro normale all' eclittica, deve conseguitarne che esso prima del tempo s'immerga tutto nel circolo terminatore, o ciò che è lo stesso, che gli equinozii precedano.

2° Nell'ipotesi medesima la stella polare dovrà perdere la prerogativa, donde le è venuto quel nome, per cederla ad un'altra, e poi ad un'altra stella: perchè la retta, intorno a cui la Terra ruota diurnamente, viene cambiando di posizione di anno in anno, e però cessa di indirizzarsi ad essa, ma si rivolge successivamente a tutti i punti di Cielo, che distano 23°,28′ dal polo dell'eclittica.

3° Per altro sarebbe un errore il confondere il cangiamento di direzione dell'asse terrestre nello spazio collo spostamento di quella linea imaginaria nell' interno della Terra. Tutto il nostro globo partecipa al movimento rotatorio intorno ai poli dell'eclittica, e traslatorio dell'asse per la superficie di due coni opposti al vertice. La prima cosa risulta dal

fatto che il punto equinoziale non oscilla su e giù per l'eclittica, ma la percorre tutta. La seconda si prova e per la permanenza delle latitudini terrestri, o distanze dei varii paesi dai poli, e per la costanza del livello del mare. Insomma è un moto, che può rassomigliarsi a quello, che à la trottola, o il palèo, quando non dorme dritto sull'asse suo.

4° Il fenomeno della nutazione dell'asse si spiega a meraviglia col supporre che l'asse della Terra vada successivamente, e con una certa legge, ora inclinandosi ed ora rialzandosi: o in altri termini, che l'asse medesimo quando accresca, e quando sminuisca la inclinazione sua verso il più volte nominato diametro. La qual cosa importa che, ove prescindasi da ogni altro movimento, l'asse terrestre, trascinando con sè tutta la Terra, venga a generare nel corso di 19 anni due piccoli coni opposti al vertice a base ellittica, il cui maggior asse valga 18″, e 13″, il minore. Quando poi si voglia considerare associata al sopraddetto (fig.57.), ciascuno (A) dei poli terrestri e pel ravvolgimento della precessione, e pel dringolamento della nutazione, dovrà percorrere una circonferenza ondulata intorno al polo (P) dell'eclittica.

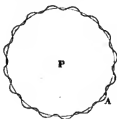



Fig. 57.

5° Per maggior chiarezza si avverta che questi fenomeni non si ànno a confondere colla variazione dell'inclinazione dell'eclittica, per la quale si verifica un'altra retrogradazione dei suoi nodi sopra un piano fisso. Questa variazione di obliquità, che attualmente non supera i 48″ per secolo, si è manifestata da lungo tempo agli Astronomi per l'aumento delle latitudini di tutte le stelle in certe regioni del Cielo, e per la diminuzione di quelle situate nelle regioni opposte. In forza di tale variazione l'eclittica ogni anno si avvicina alquanto al piano dell'equatore; ma dopo un immenso periodo di secoli l'obliquità tornerà a crescere. Ond'è che tale obliquità oscilla da una parte e dall'altra senza superare mai il valore di 1°, 21′. La cagione di questo incessante cangiamento di posizione del piano, in cui gira annualmente la Ter-

ra, è l'attrazione dei pianeti; ed è analoga a quella, onde proviene la precessione e la nutazione: sebbene in questa influisca più la Luna, ed a quella cospiri sì l'azione del Sole per la grandezza, come quella della Luna per la vicinanza.

II. PROPOSIZIONE. *I fenomeni di precessione e di nutazione sono dovuti a due movimenti della Terra.*

Dimostrazione. I. Abbiamo veduto come questi fenomeni si spieghino ugualmente bene sia ammettendo nella sfera stellata i due movimenti, che vi appariscono, sia ricorrendo a due contrarii moti del nostro pianeta. Ora la prima supposizione è esclusa dal fatto, che la precessione e la nutazione sono comuni a tutti i corpi celesti fissi, ed erranti; dacchè sarebbe una stravaganza questa cospirazione di tutti i corpi celesti in due altri moti affatto diversi dai loro proprii: a meno che non volesse con maggiore stranezza credersi che tutti sono attaccati alla concavità del firmamento, quando tutto prova che non solo i pianeti, ma tutte le stelle fisse sono isolate ed indipendenti una dall'altra. II. Aggiunge maggior forza a questa istanza della croce la coincidenza, che si ritrova fra il periodo della nutazione, e quello della retrogradazione dei nodi della Luna. Dacchè, ove si volesse attribuire la nutazione ad un movimento reale della sfera celeste, bisognerebbe dire che questa immensa sfera è trattenuta pel moto del corpicciuolo lunare in una continua trepidazione.

***56. Distanza, grandezza, e natura delle stelle.—** Determinata la grandezza, la distanza e la disposizione dei pianeti; viene spontaneamente il desiderio di sapere a quale distanza si ritrovino le stelle fisse, quale ne sia il diametro, e che esse sieno in se medesime.

I. In generale può asserirsi che le stelle non ànno parallasse di sorta. E questa è la ragione, per la quale l'asse del Mondo si rivolge in tutto l'anno al medesimo punto fisico di Cielo, o alla medesima stella; sebbene matematicamente parlando debba descrivere colassù un circolo del diametro di ben duecento milioni di miglia, ossia 300 milioni di kilometri. Gli antichi non sapeano persuadersi che due rette, le quali partano da due punti distanti fra loro 180° sul-

l'orbita percorsa annualmente dalla Terra, e sieno fisicamente parallele, possano incontrarsi nel Cielo sopra una medesima stella, o che viceversa, incontrandosi colà, sieno ciò non ostante sensibilmente parallele. E però negarono con tutta fermezza il moto annuo del pianeta da noi abitato. Pur nondimeno dalle laboriose investigazioni di Bessel nella costellazione del Cigno è risultata una parallasse, che non sembra potersi ascrivere ad errore alcuno di osservazione. Ma essa è così tenue da doverne concludere che la luce, sebbene faccia più di trecento mila kilometri ogni minuto secondo, debba impiegare, per giungere dal Cigno alla Terra, ben dieci anni. E la lunga serie di osservazioni, fatte sulla Lira da Pond nell'osservatorio di Greenvich, non à dato parallasse maggiore di ventisei centesimi di minuto secondo (0'',26). Per la qual cosa, ancorchè voglia supporsi, che questa parallasse sia dovuta a qualcuno dei tanti errori, a cui va soggetto questo genere di osservazioni, l'alfa della Lira dista da noi certamente più di 30 bilioni di kilometri, cioè dista un numero di miglia romane rappresentato dal 2 seguito da tredici zeri. Dando una distanza non minore di questa alle stelle, che trovansi sull' equatore celeste, esse per la rotazione diurna della sfera nell'ipotesi tolomaica dovrebbero percorrere ogni minuto secondo, cioè ad ogni battuta di polso, l'inconcepibile spazio di 1400 milioni di miglia.

II. Supposta nelle stelle fisse una distanza non minore della sopraddetta, si può anche valutare la grandezza almeno delle più vicine, di quelle cioè che pur mostrano una qualche parallasse. Risulta da una tale indagine che il diametro dell'alfa della Lira non è minore di quattro mila milioni di kilometri, ossia tre quarti della dimensione di tutto il sistema solare. Secondo Herschel, la Capra à 2'',5 di diametro apparente; e però il suo volume è 20 milioni di volte più grande di quello del Sole. Ma le altre perchè sono sempre più piccole? Forse perchè vi sono undici o dodici varietà di dimensioni nelle stelle medesime, oppure vi à qualche stella anche più grande di quelle di prima grandezza, la quale ci sembra più piccola perchè ne è immensamente più distante? Se è vera questa seconda cosa, esistono delle stelle mille

volte più lontane di Vega, di Arturo, e di Sirio; e allora la loro luce, che è quella che ce le mostra, deve aver corso per almeno dieci mila anni prima di giungere a noi.

III. Intorno alla natura di ciascuna stella, non possiamo saper altro finora se non che esse lucon di luce propria, come il Sole. Infatti come potrebbe la loro luce, se fosse riflessa o diffusa al pari di quella de' pianeti, pervenire fino a noi così scintillante e vivida; quando la luce de' pianeti (che pur distano immensamente meno e dal Sole per illuminarsi, e dalla Terra per riverberarle i loro raggi) è in paragone languidissima? E questa lor luce donde proviene? È forsa una fiamma? Finchè non si era scoperta la luce elettrica, che tutti oramai conoscono, e non si era ottenuta luce, che per mezzo delle combustioni, non si potè pensare ad altro sulla luce del Sole e delle stelle. E si congetturò che il Sole fosse composto di una sostanza infiammabile, la quale bruciasse continuamente fin dal giorno della creazione, senza che si potesse per altro avvertire in essa veruna diminuzione, per lo sterminato suo volume. Del resto le macchie solari non esser altro, che grandi depositi di cenere o della sostanza residua dalla combustione. Ma oggidì si sospetta più ragionevolmente, che lo splendore del Sole e delle stelle non provenga da una cagione diversa da quella, che fa brillare una luce così viva fra due carboni, che comunicano con un apparato elettromotore; o che scocca e sfavilla fra le nubi temporalesche nel lampo e nella saetta. Anzi i moderni ritengono che il Sole sia un corpo opaco, e oscuro rivestito tutto intorno da una come atmosfera risplendentissima, cui chiamano *fotosfera;* la quale, offrendo alcune discontinuità, lasci vedere qui e colà il corpo oscuro sottostante; e quindi le macchie solari.

IV. Ma non è questa sola la cosa, che resta a sapersi delle stelle, e sulla quale si dispiega l'attività e la intelligenza dei dotti viventi. Al presente si ricerca che cosa sieno i sistemi delle stelle multiple (**36**.I.10°), e quali le leggi dei movimenti loro; in che differiscano realmente dalle altre le stelle ad aureola (**36**. I. 9°); se vi sia di fatto in Cielo una materia sparsa, la quale vada continuamente agglomerandosi

qui e colà per formare gli astri, che costituiscono le nebulose (**36**.I.6ª); se il Sole, trascinandosi appresso tutto il corteggio dei pianeti che formano il nostro sistema, compia realmente una grande rivoluzione intorno a un punto, che sembra ritrovarsi nelle Pleiadi. E poichè da accurate osservazioni si raccoglie, che un certo numero di stelle è dotato di movimenti lentissimi (**36**.I.11ª), si cerca se questi sieno parziali e diversi nei diversi sistemi, oppure si debbano ripetere da un movimento generale di tutto l'immenso ammasso di astri, in mezzo a cui si ritrova il nostro sistema solare.

***57. Forma reale dell'Universo.** — Fin qui abbiamo chiamato *sfera* tutto l'insieme delle stelle, e nel primo Capo abbiamo sempre supposto che tutte le fisse sieno distribuite sulla superficie di una grandissima sfera concava, come veramente appariscono. Ma dovendosi pur finalmente rinunciare all'idea della perfezione della figura sferica, e della solidità dei cieli; nè vedendo più alcuna necessità di supporre gli astri raccomandati a grandi orbi di cristallo; avendo inoltre dovuto riconoscere che il Sole è una delle stelle fisse; è lecito congetturare con tutta la probabilità che le stelle, le quali più risplendono, stieno a noi più vicine, e quelle piccolissime, le quali formano le nebulose, si trovino a molto maggiore distanza. E non potrebbe essere che due stelle, le quali ci appariscono fra loro vicinissime, distino l' una dall'altra più che l' α della Lira dal Sole? Non potrebbe essere che le stelle otticamente multiple, e che sembrano appoggiate quasi l'una sull' altra, stieno invece una dopo l' altra sulla stessa retta e sovrapposte, ma distantissime fra loro?

II. Può benissimo credersi che in quelle parti di Cielo, nelle quali si mostra maggior numero di stelle, vi sia maggiore profondità di spazio da esse occupato; e che il complesso di quelle, che noi arriviamo a vedere appena per mezzo dei migliori telescopii, come accade degli astri costituenti la Via lattea, sia disseminato in uno spazio immensamente profondo. Se la cosa fosse così, l'Universo si estenderebbe viemaggiormente nel senso della Galassia, ed assumerebbe la forma lenticolare, o di una immensa ellissoide; verso un estremo della quale ritrovandosi il nostro sistema solare, là si

diraderebbero per noi le stelle; e la Via lattea, che in tal caso sarebbe essa sola l'Universo intero, si allargherebbe a destra e a sinistra, lasciando in mezzo uno spazio men denso di stelle.

III. Comunque ciò sia, certo è che vi à tutto intorno a noi un oceano profondissimo di astri. Tolomeo ne contò solo mille e ventidue; ma più tardi si è calcolato che ad occhio nudo non se ne veggono meno di 2500; e con un telescopio di 7 piedi ne sono state contate bene 80 mila. Chi poi volesse giudicarne dalle 50 mila, che Herschel, con un telescopio di 20 piedi, à veduto in una zona di 2° sopra 15°, può ritenere per certo che in Cielo ritrovinsi ben 75 milioni di stelle. Anzi, secondo Zach, il firmamento è ornato dell'enorme numero di mille milioni di Soli. Ora se l'asse della Terra descrive in Cielo una circonferenza di trecento milioni di kilometri, la quale è tutta racchiusa dentro il disco della più piccola delle stelle visibili; se l'alfa della Lira è grande da sè sola a un dipresso come tutta l'orbita di Urano, cioè poco meno di tutto il nostro sistema solare, e ciò non ostante essa ci sembra un sol punto splendente; quanta sarà mai la distanza che separa stella da stella? Quale sarà l'immensità dello spazio, in cui nuota questo sterminato numero di smisurati corpi celesti? E che cosa è dunque mai la Terra? E noi, cioè ciascuno dei mille milioni di esseri ragionevoli, i quali abitano la sola quarta parte, e anche meno, della superficie terrestre, che cosa siamo noi in confronto alla vastità dell'Universo?..... Ma, a far risaltare viemeglio le enormi dimensioni degli immensamente grandi pel contrapposto degli immensamente piccoli, seguitiamo a domandare: che cosa sono gli *accari*, che passeggiano maestosi sulla groppa e fra i peli di un'ape o di una mosca, quasi in una vastissima foresta? che gli *infusorii*, i quali o guizzano come serpentelli irrequieti, o si avvolgono vertiginosi sotto forma di sacchetti trasparenti, o in aspetto di tenuissimi puntini scorazzano veloci a centinaia e centinaia in una sola stilla appena visibile di acqua?..... L'immaginazione si perde, il nostro orgoglio si fiacca, e una irresistibile forza ci sospinge a prostenderci al suolo per adorare l'infinita Potenza del Creatore.

SEZIONE SECONDA.

FISICA TERRESTRE.

PROEMIO.

***58. Oggetto e partizione di questa Sezione.** — L'oggetto della precedente Sezione è stato il Cielo e gli astri; e della Terra non si è detto che quello che era strettamente necessario alla intelligenza dell'oggetto principale, o che poteva immediatamente spiegarsi colle dottrine astronomiche, o che si riferiva al nostro globo in quanto esso medesimo è un vero pianeta. Ma questo pianeta con tutta la sua atmosfera, in cui poggiano sì vaste nuvole, abitano tanti volatili, ed avvengono i più sorprendenti e terribili fenomeni; questo pianeta, dico, che, se fosse veduto alla distanza a cui si ritrova il Sole, apparirebbe sotto un angolo di circa diciassette secondi; questo pianeta che è uno dei più piccoli elementi, o una molecula di quel sistema solare, che riguardato dalle stelle si ridurrebbe tutto quanto a un punto solo; questo pianeta per noi è una gran cosa. Mentre esso con una piccola sua porzione ci nasconde e ricopre tutta una metà del firmamento: mentre contiene tanti e sì svariati esseri, ed un numero veramente innumerevole di sostanze diverse, le classi delle quali superano di gran lunga qualunque più compiuta classificazione degli astri: mentre finalmente offre lo spettacolo di mille e mille fenomeni e leggi, che o ci sorprendono ed eccitano la nostra curiosità; oppure ànno un' influenza sopra le cose, delle quali abbiamo bisogno, e sono il suggetto su cui deve esercitarsi la nostra attività ed industria, per trarne aiuto, agiatezza, felicità. È dunque espediente che a questo pianeta volgiamo ora direttamente la nostra attenzione, e ne diciamo almeno quel poco, che non può esser ignorato da chi aspira di appartenere alla classe delle persone colte. Per la qual cosa rimettendo alla seguente Sezione Terza quello,

che si riferisce ai tre regni della Natura, o alla Storia naturale, nella presente diremo prima dei fenomeni più grandiosi, che ànno luogo o nelle viscere della Terra, o alla sua superficie, e nell' alto dell' atmosfera; la quale fa tutto un corpo col globo terracqueo, e lo accompagna sempre e nella sua rotazione diurna e nell' annua rivoluzione: quindi, cioè in un secondo Capitolo, tratteremo della costituzione della crosta terrestre e delle sostanze ond'essa è formata.

CAPO PRIMO.

FENOMENI ATMOSFERICI, E TERRESTRI.

***59. Soggetto e divisione di questo Capitolo.** — I. Tra i fenomeni, che si manifestano vuoi nell'aria, vuoi alla superficie del nostro globo, alcuni, quelli cioè che a quando a quando osservansi nelle elevate regioni dell' atmosfera, furono già compresi sotto il nome generico di *meteore*, e studiati a parte in un trattato, che ebbe nome *Meteorologia*. Al presente presso la comune la Meteorologia à per oggetto non solo i fenomeni atmosferici accidentali, ma anche i costanti. Noi tratteremo di questi nel primo Articolo, cui intitoliamo dalle meteore per attenerci al più comune significato della parola. Rimanderemo poi al secondo i fenomeni terrestri, che alcuni autori recentissimi annoverano fra le meteore.

II. Ma si avverta, che in questa Parte puramente osservativa della Fisica dovremo limitarci ad esporre e narrare i fatti tali, quali ci si rivelano, e in tutte le loro circostanze, senza darne spiegazione veruna. Sarà nella Parte sperimentale, che verrà riconosciuta l'esistenza, e verranno stabilite le leggi di quelle cagioni, dalle quali derivano questi importanti fenomeni: ed è perciò, che in essa solamente potremo dedurli dalle proprie cagioni, con che essi verranno ad essere spiegati. Se non che alcune poche spiegazioni, richiedendo il sussidio del calcolo, potranno assai utilmente essere rimandate alla Fisiometria.

ARTICOLO I.

METEORE.

60. Generale classificazione delle meteore. — I. SCOLII. 1° Tutti conoscono ad un di presso le stelle cadenti, l'arcobaleno, il lampo, la folgore, il turbine, la procella, la grandine, la pioggia, la neve, i crepuscoli, l'azzur-

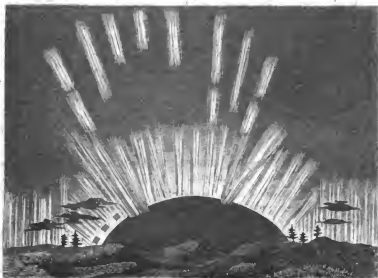



Fig. 58.

ro del Cielo; ossia i fenomeni che si veggono sotto la Luna, e però non sono cosmici.

2° Fra questi fenomeni gli straordinarii si riducono ad apparenze luminose od ignee; ad acqua, che sotto varii aspetti e forme precipita in terra, oppure ingombra l' atmosfera; e ad agitazioni più o meno impetuose dell'aria.

II. DEFINIZIONI. 1° Da μετέωρος *sublime*, *elevato* si dicono *meteore* quei fenomeni insoliti o costanti, che appariscono in alto, cioè nell'atmosfera.

2ª Diconsi *meteore ignee*, o *pirometeore* quelle, che sono per lo più straordinarie, e consistono in apparenze luminose.

3ª Sono dette *acquee*, o *idrometeore* quelle, che si risolvono in acqua.

4ª Chiamansi *aeree*, o *aerometeore* le agitazioni dell' aria.

61. Pirometeore. — Principieremo dall'esporre i nomi, sotto i quali sono conosciute le varie meteore, che ànno l'aspetto di fuoco, o di luce; e quindi aggiungeremo sulle medesime alcune poche avvertenze.

I. DEFINIZIONI. 1ª Talora sembra (come tutti avranno qualche volta veduto) che una stella distacchisi dal suo luogo, e correndo sparisca. Questo fenomeno si chiama *stella cadente*, o *corrente*, o *precipitante*.

2ª Talvolta apparisce tutto ad un tratto, e scorre velocissimo per l'aria un globo di fuoco, che spesso aggiugne la grandezza della Luna, e che vien denominato *bolide*.

3ª Da παρά *vicino*, ed ἥλιος *Sole* si chiama *parelio* (fig. 59.) la meteora, che ci mostra lo spettacolo di più Soli (Q,B,T,U) ad un tempo.

4ª Se si veggono più Lune, la meteora da παρά *appresso* e σελήνη *Luna* si dice *paraselene*.

5ª Quando il parelio (S) apparisce diametralmente opposto al Sole à nome *antelio*, da ἀνθήλιος *opposto al Sole*.

6ª Diconsi *aloni* da ἅλως *disco* i cerchi luminosi (*aa*, AA), che talora cingono il Sole o la Luna (S).

7ª Talvolta veggonsi due cerchii luminosi concentrici uno dentro l'altro; l'interno (*aa*) è detto *piccolo alone*, e *grande alone* chiamasi l'esterno (AA).

8ª È chiamata *arco tangente* una porzione (MN, XY, VZ) di alone, che poggia colla sua convessità sulla convessità dell'alone compiuto.

9ª Qualche volta un gran cerchio (CSP) trapassa per tutti i Soli del parelio. Esso à nome *cerchio parelico*.

10ª Talora il parelio è accompagnato da striscie splendenti, le quali discendono verso l'orizzonte, e diconsi *colonne verticali*.

11ª Non vi è alcuno, che non abbia visto qualche volta in aria uno o due grandi archi concentrici costituiti da zone di diverso colore, ed il quale non sappia che questa gran-

de meteora porta il nome di *iride*, o *arcobaleno*. *Iride esterna* si chiama la più grande, ed *interna* la più piccola.

12ª Spesso l'Egitto offre l'aspetto di una inondazione, ed anche in altri siti veggonsi delle apparenze di uomini, di animali, e di cose, che sono chiaramente illusorie. Questo fenomeno, che va riportato alle meteore lucide, porta i nomi di *miraglio*, *fata morgana*, *mutate*, *sospensioni*, ed altri.

13ª Nelle giornate serene il Cielo è di un bell' azzurro chiamato appunto *ceruleo* o *cilestro*, ossia color del Cielo.

14ª Prima che nasca il Sole, e dopo il suo tramonto l'atmosfera è rischiarata da una luce diffusa e tranquilla, la cui

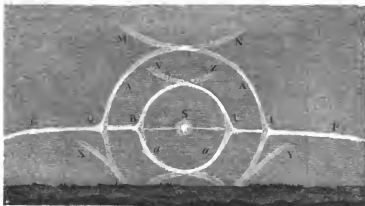



Fig. 59.

vivacità è tanto maggiore, quanto il Sole dista meno dall'orizzonte. Questa illuminazione si denomina *crepuscolo*.

15ª Il principio del crepuscolo mattutino costituito da una luce pallida, ma assai bianca, appellasi *alba*.

16ª Più tardi la luce viene acquistando in intensità, ma diviene rosseggiante, ed à nome *aurora*.

17ª L'alba e l'aurora, fino all'apparir del Sole, costituiscono il così detto *crepuscolo mattutino*.

18ª Il tramonto del Sole è seguìto da luce rossa, che va sempre più perdendo del suo colore, e diradandosi; finchè si spegne affatto. Questa costituisce il *crepuscolo vespertino*.

19ª La meteora chiamata *aurora polare* (fig. 58.) consiste

in certe colonne azzurrognole di fuoco, le quali di notte buia e serena si sollevano interrottamente dalla parte del polo, giungendo fino al polo medesimo, e talvolta fin quasi allo zenit; ed intrecciandosi e disponendosi ora a razzi, ora a cuppola guizzano, ed illuminano l'aria come l'aurora.

20ª Nei temporali veggonsi certe fiammelle sulle punte metalliche isolate, o sulle cime degli alberi delle navi. Una sola fiammella dai popoli antichi, che la credevano funesta, era chiamata *Elena*; tutte e due erano riputate di buono augurio, ed intitolate dai fratelli di lei *Castore* e *Polluce* protettori dei navigli. I marinari siciliani, per la loro devozione a s. Elmo, le dissero *stelle di sant'Elmo*; ed al presente sono conosciute sotto questa denominazione.

Fig. 60.

21ª Una grande lingua di fuoco (fig. 60.) stretta, e tortuosa (*ab*), che trapassa rapidamente di una in altra nuvola, dicesi propriamente *folgore*.

22ª La medesima (fig. 61.) talora si scaglia in terra (P); e in tal caso è chiamata *saetta*, *fulmine*, ed anche *folgore*.

23ª La folgore e la saetta è seguita ordinariamente da uno strepito vibrato e forte, e spesso anche assai prolungato, il quale chiamasi *tuono*.

24ª La luce, che accompagna la folgore, si denomina *lampo*.

25ª Fra i lampi à nome *baleno* un chiarore diffuso, che ad uno o più tratti velocemente illumina tutta la massa nuvolosa, o soltanto ne orna di luce il contorno.

26ª I baleni, ai quali non si associa verun fragore di tuono, chiamansi *lampi di caldo.*

27ª È chiamata *contraccolpo* la scossa violenta, e qualche volta anche mortale, che provano gli uomini e gli animali (B) a distanza talvolta non piccola dal luogo (P), in cui è scoppiato il fulmine.

28ª Si trovano spesso nella direzione, in cui è passato il fulmine, dei tubi vetrificati, lunghi talora 6 o 7 metri. Questi portano il nome di *tubi fulminei* o *fulguriti.*

29ª Si asserisce, che talora il fulmine sceso a terra ritorni alle nuvole; e allora riceve la denominazione di *folgore secondaria*, o *di ritorno.*

Fig. 61.

30ª Nelle notti oscure per lo più sopra i prati, le paludi; i cimiteri; ed altri luoghi umidi e grassi accade di vedere una fiamma, che vi sta diritta dinanzi; la quale se timido retrocedete v'insegue, e fugge se voi tentate investirla. Suol chiamarsi *fuoco fatuo*, o *pazzo.*

II. SCOLII. Aggiungeremo qui alcune brevi considerazioni sulle meteore or ora definite.

1° Le stelle cadenti in alcune notti serene sono molto abbondanti. Infatti si riferisce che nelle notti tra il 10 e l'11 di Agosto, ed il 12 e 13 Novembre se ne veggono sfolgorare perfino 60 a ora. Si noti inoltre che esse qualche volta seguono tutte la stessa direzione; e accade non di rado che lascino dietro di sè delle striscie luminose.

2° Il bolide per lo più termina con una detonazione; anzi sembra che in questa esso medesimo si spezzi. Par certo che alla sua comparsa si associi la caduta di polveri, pomici, scorie, ed anche alcune pietre, le quali sembrano frammenti di una pietra maggiore.

3° Gli aloni (fig.59.), quando presentano un fenomeno completo, sono dipinti dei colori dell'iride. I piccoli si compongono di due o più anelli concentrici e contigui, e mostrano per lo più il rosso all'esterno. I grandi ànno il diametro di 45° circa, e sono orlati all'interno di un bel rosso, e di violetto all'esterno. Talvolta si forma un intreccio di aloni, pare-

Fig. 62.

lii, archi tangenti, cerchio parelico, ed antelio, così simmetricamente e vagamente disposti, che è una maraviglia a vederli.

4° A godere del grandioso spettacolo di un arcobaleno è necessario (fig.62.) volgere le spalle al Sole, e che i raggi di questo vadano a colpire le nuvole, che si disciolgono in pioggia. Può aversi anche un inizio di iride pei raggi solari, che imbattono sopra una cascata di acqua, o su quella che si riversa a larghi sprazzi da una fontana. L'iride è costituita da archi di circoli, che possono determinarsi nel seguente modo. Si consideri (fig.62.) una retta (OC), la quale parta dal Sole (S), e passando per l'occhio (O) dell'osservatore vada oltre indefinitamente: essa chiamasi *asse di visione*. Il centro comune dei due archi o iridi giace in un punto (C)

dell'asse di visione. Inoltre si supponga che dall'osservatore (O) parta una seconda retta (O*d*), la quale faccia coll' asse di visione un angolo (*d*OC) uguale a 42°; e la quale, tenendosi sempre fissa all'occhio (O), si ravvolga intorno al detto asse. Con ciò essa descrive la superficie di un cono avente per base l' asse stesso di visione. La circonferenza di tal base rappresenta l'iride interna. Finalmente s'imagini una terza retta (O*e*); la quale, tenendosi parimente fissa nel punto stesso (O), e costantemente inclinata all' asse di visione di un angolo (CO*e*) uguale a 54°, giri intorno all'asse stesso, come l'antecedente. Con ciò essa segna sulle nuvole una cur-

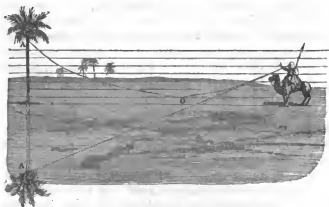



Fig. 63.

va occupata dall'iride esterna. Dal che conseguita che l'iride interna non può vedersi, se non quando il Sole è molto basso. L'arco interno è largo più di 2°, l'esterno è quasi 4°; la distanza poi, che li separa, è circa 8°. Ma inoltre si avverta, che i colori di ciascuna delle due iridi concentriche sono rosso, aranciato, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto. Ma la disposizione di essi è inversa. Poichè l' iride interna à nella sua zona più bassa o nella concavità il violetto, e nella più alta il rosso; viceversa l'esterna.

5° Il fenomeno del miraglio (fig.63.) consiste in ciò, che gli alberi (A), le case, i villaggi alquanto elevati, e posti al di là di una certa distanza, paiono isolette con sotto le loro

imagini capovolte, e fluttuanti. Talora invece (fig. 64.) un uomo sembra raddoppiato, apparendone sotto i suoi piedi l'imagine capovolta. Ma questa apparenza, allontanandosi l' individuo, cangia; mentre tanto il suo corpo, come la sottovolta imagine sembrano tagliati successivamente sempre più su. Dacchè prima mancano i talloni ad ambidue; poi mancano loro le gambe, congiungendosi esse ginocchio a ginocchio; quindi le due apparenze si riuniscono al femore; più tardi alla vita, poscia non apariscono più che due teste una sotto l'altra, e finalmente sparisce ogni cosa.

6° Il color celeste si attribuisce all' aria, alle polveri finissime, ed alle esalazioni dell'atmosfera. Dappoichè le montagne rivestono un cilestro tanto più deciso, quanto più da lungi si riguardano; e salendo sulle più alte fra esse o andando sempre più in alto per mezzo di un globo aerostatico, si vede il Cielo farsi sempre più oscuro; e però può ritenersi come indubitato che, se dato ci fosse sorvolare al di là dell'atmosfera, il firmamento ci parrebbe affatto nero, e vi ammireremmo le stelle in pien meriggio. Tale azzurro per altro è modificato dal vapore di acqua, che perdendo la sua trasparenza principia ad assumere quello stato concreto, in cui costituisce le nubi. Quindi è che il cilestro è tanto più carico verso lo zenit, che giù all' orizzonte; ed il Cielo d' Italia specialmente meridionale è assai più bello e puro, che non quello della nebbiosa Inghilterra. Nè può far difficoltà contro la colorazione dell'aria la sua trasparenza: perchè questa non è mai perfetta. E però, sebbene l'aria sia un corpo assai poco denso, ed il colore delle sue molecule sia debolissimo, quando per altro si tratta di uno strato molto spesso (come avviene dell' aria che si frappone fra una lontana montagna e noi), già la luce riverberata da ciascuna sua particella principia a produrre un effetto sensibile.

7° Dopo le cose sopraddette si capisce assai bene come lo splendore, che precede o segue la nascita o il tramonto del Sole, debba provenire dalla forza, che à l' aria di riverberare la luce solare. Questa il mattino principia ad imbattere prima nelle più alte regioni dell'atmosfera, e poi anche nelle meno sollevate; e così a mano a mano viene illuminan-

do una quantità sempre maggiore di aria, e quindi la luce crepuscolare si vien facendo sempre più sensibile: finchè, all'apparir del Sole sull'orizzonte, i raggi lucidi percuotono direttamente anche il suolo; e, ripercossi anche da questo, rendono l'illuminazione ancor più vivace. Accade l'inverso nel crepuscolo vespertino, che è un poco più lungo del mattutino. A questo modo il passaggio fra la notte e il giorno non è violento, il Cielo non è oscuro e tetro, ed il contrasto fra i corpi direttamente illustrati dai raggi solari, e tutti gli altri è graduato, ed armonioso. Si è calcolato che il momento dell'alba è in quell'istante, in cui il Sole si trova 18° sotto l'orizzonte. Ma questa non è che un'approssimazione ed una convenzione: perchè il vero principio dell'alba dipende dall'acutezza della vista di ciascheduno. Certo è che i

Fig. 64.

crepuscoli sono più lunghi per i paesi, pei quali il moto diurno del Sole è più obliquo verso l'orizzonte; ossia pei paesi più vicini al polo. Cosicchè, se i poli fossero abitati, la malinconia delle notti lunghe sei mesi sarebbe raddolcita dai crepuscoli, ciascun dei quali durerebbe un mese e tre quarti. Parimente nei siti, pei quali la sfera è obliqua, i crepuscoli degli equinozii sono i minimi, e massimi quelli dei solstizii. Mercè che dentro la fascia larga 18°, e limitata superiormente dall'orizzonte, si tratterrà più tempo il Sole, quando scorre per i circoli più piccoli, che quando va per l'equatore: chè di questo rimane racchiuso un numero minore di gradi nella detta fascia. A Parigi nel solstizio estivo il crepuscolo vespertino si unisce al mattutino. Da noi il maggior crepuscolo è di 2 ore ed un quarto, ed il minimo è di un'ora e tre quarti: ond'è che delle circa 9 ore, duranti le quali nel solstizio estivo il Sole trovasi sotto il nostro orizzonte, 5 e $^1/_2$ sono il-

lustrate dal crepuscolo; e non abbiamo di tenebre, che 3 ore e $^1/_2$.

8° Quella, che abbiamo chiamata aurora polare, si diceva nei tempi andati *aurora boreale*: ma questo nome divenne improprio dacchè si seppe, che anche al polo australe si veggono fenomeni di simil fatta; e che uno, il quale si ritrovi non molto discosto dall' equatore, può osservare tutto ad un tempo un'aurora boreale, ed una australe. Si è dubitato se il fenomeno non sia astronomico: ma dimostrano il contrario le misure prese, per le quali dee assegnarsi a tal meteora un'assai breve distanza. E anche senza ciò, sappiasi che qualche volta un'aurora polare potrà durare più ore; e allora essa resta sempre ferma al posto suo: al più soffrirà qualche movimento accidentale, come le nuvole, ma non succede mai, che essa segua il movimento generale degli astri da levante a ponente.

9° Il fulmine fora, spezza, atterra, e scaglia lungi i corpi che incontra; un muro traversato da una sbarra o chiave di metallo lo trapassa senza forarlo; squaglia le materie fusibili per le quali trascorre, quindi le fulguriti; e se i metalli siano ridotti in sottil foglia, come le dorature, li volatilizza. Gli animali fulminati, o colpiti da un contraccolpo or sono uccisi lì di presente, or sono gravemente feriti, ed ora restano solamente per qualche tempo sbalorditi.

62. Idrometeore.— Anche delle meteore acquee preciseremo prima le denominazioni, e poi esporremo le particolarità.

I. DEFINIZIONI. 1ª Tutti sanno che si chiama *pioggia* l'acqua, che cade dalle nuvole a gocce liquide bastantemente voluminose.

2ª Diciamo *acquazzone* una subita e violenta caduta di pioggia. Che se la pioggia, oltre questi ultimi caratteri, sia anche molto abbondante e diuturna, si denomina *rovescio*.

3ª Si domanda *pioggerella*, e da taluni *spruzzaglia*, la lenta pioggia di sottilissime goccioline di acqua.

4ª Nessuno parimente ignora che l'acqua, la quale cade sul suolo a fiocchi bianchi e leggieri, è appellata *neve*.

5ª *Nevischio* è il nome che si dà alla neve minuta, la quale prontamente si risolve in acqua liquida.

6ª A nome *gelicidio* quel sottile strato di ghiaccio, che talora ricuopre il terreno.

7ª L'acqua, che cade in granelli solidi sufficientemente grossi e bianchi, vien detta, come ognun sa, *grandine*, ed anche *gragnuola*.

8ª Accade talvolta, che inaspettatamente si vegga bagnato il suolo, o si trovino inumidite le vestimenta. Questa precipitazione di acqua senza nubi, e senza vera pioggia à nome *guazza*.

9ª Si dicono poi *rugiada* quelle stille di acqua, che si depongono anche a ciel sereno su certi corpi, specialmente vegetali.

10ª Talora i corpi medesimi esposti al cielo sereno, invece di trovarsi irrugiadati, si veggono intonacati di una sottilissima crosta di gelo. Questo gelo si denomina *brina*.

11ª Alcune volte la brina s' ingrossa con successivi strati sui rami, sulle foglie degli alberi,ecc., e prende l'apparenza di barbe. Queste ànno il nome di *diacciuoli*.

12ª Se poi la brina si mescola con sostanze organiche unite alle erbe, sulle quali è depositata, trasformandosi in una materia molle nocevole al bestiame che ne mangia, à nome *melata*.

13ª Tutti conoscono la *nebbia*: poichè non vi è chi ignori tal nome essere stato imposto a quella meteora, per la quale l'aria circostante perde la sua trasparenza, e la quale, dal bagnare che fa, si rivela per acqua in istato di grandissima divisione e leggerezza, o per vapore in istato concreto.

14ª A tutti sono note le *nubi* o *nuvole*, le quali turbano in alto la trasparenza dell'aria.

15ª Si dicono *cirri* (fig.67.) quelle nubi biancastre (C), che offrono l'aspetto di filamenti sottili, o di lana scardassata.

16ª I *cumuli* sono nuvole arrotondate (K), che presentano l'apparenza di montagne addossate le une sulle altre.

17ª Gli *strati* sono falde nuvolose orizzontali (S), che si formano al tramontare del Sole, e si dissipano al mattino.

18ª I *nembi*, o *nubi di pioggia* sono nuvole (N), le quali non ànno forma caratteristica, e si distinguono solo per la tinta, che è di grigio uniforme, e pei lembi che sono a frange.

19ª I nomi di *cirri-cumuli*, *cirri-strati*, e *cumuli-strati* si usano ad indicare le nubi, nelle quali si osservano due forme diverse. Come pure i nembi sono anche chiamati *cumulo-cirro-strati*, quando in essi allo strato si unisce sopra il cirro, e di lato o sotto il cumulo.

Fig. 65.

20ª Fra i nembi si distingue una piccola nube oscura, la quale a poco a poco diffondendosi ingombra tutto l' orizzonte, ed origina un fragoroso temporale. I marinari la chiamano *occhio di bue*.

21ª Alcuni poi sogliono denominare *nuvole parassite* quelle, che sembrano aderire alla sommità dei monti.

22ª Negli annali meteorologici vengono riferite delle piogge straordinarie di origine minerale, vegetale, ed anche animale, le quali sono dette *piogge di polveri*, *di cenere*, *di sangue*, *di latte*, ecc. ed in generale *meteore problematiche*, o *piogge prodigiose*.

23ª Pare oramai posto fuori di controversia che talora, dopo una forte detonazione, e spesso anche con apparizione di luce, cadano dal cielo delle pietre più o meno voluminose; come avviene dopo la comparsa di un bolide. Queste sono chiamate *aeroliti*, ed anche *meteoriti*, e *brontoliti*.

Fig. 66.

II. SCOLII. 1º È bene sapere che nei gabinetti meteorologici si suol misurare la pioggia. A quest'uopo si tiene esposto all'aperto un recipiente (fig. 65.), che si chiama *pluviometro*, e da ὕδωρ *acqua*, e μέτρον anche *udometro*. La bocca del vaso è chiusa da un imbuto (fig. 66.) di piccola apertura (B), per evitare l'evaporazione; e dal fondo del medesimo esce e si solleva un tubetto di vetro (A) comunicante col recipiente, e munito di scala metrica. Per valutare la pioggia, si riduce a centimetri cubici tutto il volume dell'acqua contenuta nell' udometro, e poi si divide per

l'ampiezza dell' imbuto ridotta a centimetri quadrati: il quoto rappresenta l'altezza dello strato di acqua caduta nella località, ove ritrovasi lo strumento [1].

2° Relativamente alla neve: 1. Si avverta che spesso si à neve al monte, e pioggia al piano: perchè qua la neve si strugge cadendo. Anzi in generale può dirsi, che la neve abbonda sugli alti monti, ove domina maggior freddo. E questo è utile: dacchè essa colassù serbasi per la stagione estiva, affinchè allora sciogliendosi discenda ad irrigare i sottoposti

Fig. 67.

1 Così si è trovato che in Europa cadono ogni anno in media 649 millimetri di acqua meteorica, ossia 6490 metri cubi per ettaro. E siccome si calcola che un sesto serva ad alimentare i fiumi, è cosa degna di attenzione che la residua frazione rappresenta l' acqua necessaria per mantenere coll' irrigazione in istato di freschezza un ettaro di terreno. Parimente si è calcolata la quantità media di pioggia, che cade in un anno nei diversi paesi; e si sono ottenuti i seguenti numeri. Sandomingo 308, Granata (Antille) 284, Bombai 208, Genova 140, Milano 96, Napoli 95, Venezia 81, Roma 80, Londra 67, Parigi 56, Bologna 56, Berlino 52, Pietroburgo 46, Madrid 26. In generale la pioggia è più abbondante nei paesi meridionali.

campi, e ad alimentare i fiumi, e le sorgenti. II. Ma anche la neve, che cade al piano, è utile assai: mentre, ammantando i terreni colti, li difende opportunamente dalle fluttuazioni di temperatura anormali ed eccessive, specialmente nel verno. III. I fiocchi di neve sono irregolari per la ragione, che le sue particelle, in forza dell'agitazione dell'aria e del loro incontro fortuito, si aggruppano alla rinfusa. Ma è assai mirabile la regolarità di figure, che assumono le singole particolette della neve; le quali osservate al microscopio si mostrano sotto forma di stellette assai variate e bizzarre (fig.68.), ed ordinariamente a sei raggi. IV. Curioso fenomeno è quello della neve rossa, la quale per altro non si scorge, che dove le nevi sono perpetue. Questa colorazione viene attribuita ad una specie di fungo (*uredo nivalis*) che vi vegeta sopra, e a certi animaluzzi microscopici, che vi si rinvengono.

3° La grandine costa per lo più di un nucleo nevoso e bianchiccio, e di strati concentrici alternamente limpidi e opachi; indizio del successivo incrostarsi dell'acqua congelata sul granello centrale. La grossezza della gragnuola varia dal più piccolo globetto fino al volume di un uovo ordinario [1]. Le nubi, che dànno origine alla grandine, abbassandosi diventano ordinariamente più dense e nericce; e sprigionano assai spesso delle folgori, o dei lampi accompagnati da tuono.

4° Per misurare la quantità di rugiada formatasi in una notte, si dispone un corpo filamentoso, che in tal caso da δρόσος *rugiada*, e μέτρον prende il nome di *drosometro*. Fiocchi di lana del peso di mezzo grammo, e del diametro di 5 centimetri si espongono all'aria libera: l'aumento di peso dà la quantità della rugiada.

6° Le nebbie si formano spesso sul declinar del giorno, e il Sole le dissipa il mattino. Sono poi frequenti sui laghi, sui fiumi, e nelle valli, e specialmente nei paesi (come l'Inghilterra, e Terranuova), nei quali domina un'aria umida e fredda relativamente alla temperatura dei mari.

1 Kaemtz parla di gragnuola di mezzo kilogrammo caduta a Costantinopoli il 5 Ottobre 1831. Casari racconta che a Padova il 26 Agosto 1834, unitamente ai globi, caddero lastre di ghiaccio lunghe da 3 fino a 22 centimetri.

6° Quanto alle nuvole: I. Sappiasi che le varie forme del nembo si confondono e si distruggono quando la pioggia sta per cadere; e il loro ricomparire indica prossimo il cessar della pioggia. II. Si è cercato di valutare l'altezza delle nuvole, e si è trovato, che essa ordinariamente divaria fra i mille, ed i 4000 metri. Sebbene Gay-Lussac, nella sua ascensione aerostatica di 7 kilometri sul livello del mare, abbia osservato sopra di sè dei cirri ad altezza anche maggiore.

7° Le piogge problematiche par che consistano o in polvere giallognola del polline di certi fiori, e particolarmente di pino; o in miriadi di esseri vegetali ed animali ridotti in pol-

Fig. 63.

vere rossa; o in tubercoli di ranuncolo, somiglianti a grani di cereali; o in sostanze resinose prodotte da secrezioni di piante; o in ceneri e pomici vulcaniche, le quali sieno state dal vento sollevate e trasportate anche a distanze grandi, e finalmente al tranquillarsi dell'aria lasciate in balìa al loro peso. I turbini e le trombe, delle quali diremo nel seguente paragrafo, pare che possano prima lanciare a fionda per aria fino a remote regioni, e poi far cadere inopinatamente dall'alto e carta, e cera, e tegole, e animali.

8° Le sopraddette strane piogge, quando sono precedute da bolidi, o da globi ignei, che scoppiano, sono da ritenersi per aeroliti; sulla cagione dei quali le opinioni ritrovansi differen-

tissime. Chi vuole che queste pietre siensi formate nell'atmosfera, e chi al di là di essa; chi pensà che sieno eruzioni dei vulcani lunari, e chi crede che sieno frammenti di qualche pianeta spezzato, appartenente forse alla numerosa famiglia degli asteroidi; anzi v' à perfino chi li suppone corpi celesti, che scorrendo velocemente per l' Universo incontrino il nostro sistema planetario. La loro accensione poi viene attribuita all'attrito, che esse soffrono contro l'aria, ed alla compressione di questessa.

63. Aerometeore.— Queste sono costituite da quei grandiosi movimenti, pei quali principalmente ci si manifesta, non che l'esistenza, la forza dell'aria. Prima ne esporremo i nomi; i quali ove trattisi di movimenti moderati, cioè non impetuosi, sono presi dalla loro direzione: e poi aggiungeremo alcune avvertenze.

I. DEFINIZIONI. 1ª Ogni movimento traslatorio di una porzione più o meno grande di aria à nome *vento.*

2ª I venti si distinguono in *moderati* ed *impetuosi*: quelli possono andar così lenti da percorrere solo un kilometro, e mezzo a ora; ed in questi la velocità è stata talora trovata di ben 90 kilometri a ora.

3ª Fra i venti moderati si chiamano *continui* quelli, che spirano in tutte le stagioni nello stesso senso.

4ª Sono detti *periodici* o *di stagione* quei venti moderati, che al ritornare della stessa stagione ritornano a soffiare nella direzione medesima.

5ª Si chiamano *irregolari* quei venti o moderati o impetuosi, i quali dirigonsi quando per uno, quando per un altro verso a intermittenza, e ritornano senza verun periodo ora in una, ora in altra stagione dell'anno.

6ª Se un vento moderato (fig.69.) viene da norte (N), e si avvia a Sud (S), nella scienza chiamasi *vento di nord*, e volgarmente *tramontana*, *borea*, o *aquilone*.

7ª Se poi spira da sud (S) verso norte (N) si domanda scientificamente *vento di sud*, e comunemente *mezzodì*, *austro* od *ostro*.

8ª Il vento moderato, che viene da est (E) e va verso ovest (O), chiamasi *est*, oppure *levante*, o *solano*.

9ª Quello poi, che soffia da ovest (O) verso est (E), è detto *ovest*, e volgarmente *ponente*, o *occidente*, o *favonio*.

10ª I quattro venti moderati nord, sud, est, ed ovest portano il nome specifico di *venti cardinali*.

11ª Il vento (NE), che spira a 45° fra norte ed est, ossia il *greco* o *volturno* del volgo, in Meteorologia è detto *nordest*.

12ª Quello (SE), che soffia medio fra est e sud, cioè lo *scirocco*, o *sirocco*, o *scilocco*, si dice *sudest*.

Fig. 69.

13ª Il vento (SO), conosciuto sotto i nomi di *libeccio*, *garbino*, *noto*, e *affrico*, è chiamato *sudovest*.

14ª Quello (NO), che suol dirsi *maestro*, è denominato *nordovest*.

15ª I venti nordest, sudest, nordovest, sudovest ànno anche il nome specifico di *collaterali di prim'ordine*.

16ª Gli otto, che si frappongono fra un vento cardinale,

ed un collaterale di prim'ordine, diconsi *collaterali di second'ordine*; e tanto scientificamente, quanto volgarmente si contraddistinguono col nesso formato dai nomi dei due adiacenti. Così l'intermedio (NNE) al nord, ed al nordest, cioè il vento che si frappone a quello di tramontana, e quello di greco, si chiama *nordnordest*, ed anche *grecotramontana*; l'intermedio (ENE) al nordest ed all'est si dice *estnordest*; e così via dicendo.

17ª I sedici venti frapposti ai sopraddetti per nome specifico diconsi *quarte di vento*, od anche *collaterali di terz'ordine*; ed il nome proprio lo prendono da una parola composta dal nome del vento cardinale, o collaterale più vicino seguito dal vocabolo *quarta*, e dal nome dell'altro collaterale o cardinale prossimo. Così *nordquartanordest* , e volgarmente *quarto di tramontána a greco* indica un vento (N¼NE) di direzione vicina al nord, e distante da questo di ¼ dell'intervallo, da cui esso è separato dal nordest. Parimente *nordestquartanord*, e comunemente *quarto di greco a tramontana* significa un vento prossimo al nordest, ma distante da questo di ¼ dell'intervallo, che lo divide da nord.

18ª Spira negli oceani dentro la zona torrida un vento continuo di est, misto nell'emisfero boreale di greco, o NE, e di SE o scirocco nell'australe. È chiamato *aliseo* da *alis* antica parola francese, che significava *regolare*.

19ª Nelle regioni temperate soffia costantemente un vento proveniente dal polo prossimo; vento che è chiamato *polare*.

20ª Si dicono, con vocaboli derivati dall'arabo, *mussoni*, o *monsoni* certi venti periodici, i quali nell'oceano indiano dal Novembre all'Aprile sono un mite greco o SE, e dal Maggio all'Ottobre sono un forte libeccio o SO.

21ª Anche il Mediterraneo à i suoi venti periodici, i quali si estendono fino all'Italia ed alla Grecia, e nell'inverno sono un NE o greco, in estate poi sono un ponente, ossia O. Questi erano cogniti anche agli antichi, i quali da ἐτήσιος *annuale* chiamavanli *etesie*, o *venti etesii*.

22ª Questo vento estivo di ponente vien denominato *zèffiro*.

23ª I venti periodici, che sulle spiagge in certe ore vengono dal mare, si domandano *brezza marina*; e quei, che in altre ore vengono dai continenti, si appellano *brezza di terra*.

24ª Un vento irregolare ed impetuoso, che agita e sconvolge le acque del mare, si denomina *burrasca*.

25ª Quello poi, che in terra rompe ed abbatte ciò che gli si para dinanzi, è chiamato *bufera*.

26ª Il *turbine* detto anche *turbo*, o *turbico*, o *nodo di vento* è un impetuoso avvolgimento dell'aria, la quale con grandissima velocità si muove in giro, e quasi in forma di ruota.

27ª Al turbine ordinariamente si associa la *tromba marina*, o *di acqua*. Infatti talora accade (fig.70.) che una nube squarciata discenda impetuosamente in basso, intanto che la

Fig. 70.

sottoposta acqua, elevandosi in una montagnetta spumeggiante, par che si unisca all'acqua discendente; ma l'ascendente, salita che sia in forma di colonna a grande altezza, si spande in un largo spazio, e poi piomba sul mare con gravissimo pericolo di chi passa colà dappresso.

28ª Si dice *tromba di terra* un turbine di vento, che con una violenza, cui nulla resiste, abbatte gli edificii, schianta gli alberi, e diveltili dal terreno li aggira a fionda per aria, e li scaglia lontano.

29ª Il *prestère* è un turbine infuocato, che serpeggiando a guisa del serpente *dipsa*, o *prestère*, con forza maggiore di

quella del fulmine, abbatte ed infiamma qualunque cosa incontra nel suo rapido corso.

30ª L'*ecnefia* è preceduta dall'apparizione di un occhio di bue, e consiste in un furiosissimo colpo di vento (accompagnato da accensioni) il quale pare che si slanci da quella tetra nube; donde il suo nome, perchè ἐκ significa *da*, e νέφος vuol dire *nube*.

31ª Talvolta i venti tengono una direzione opposta a quella, verso cui si propagano, e allora diconsi *venti di aspirazione*.

32ª Più comunemente spirano nello stesso senso, in cui si propagano, e chiamansi *venti d'impulsione*.

33ª L'insieme di venti impetuosi, pioggia dirotta, grandine, lampi, tuoni e saette si denomina *temporale*.

34ª Il temporale di terra si appella *uragano*, od *uracano*.

35ª Quello di mare vien detto *procella*, o *tempesta*.

36ª Il temporale, cui associasi anche il turbine, si denomina *tifone*.

II. SCOLII. 1° Per conoscere con esattezza qual vento spiri si usano gli *anemoscopii*; così detti da ἄνεμος *vento*, e σκοπέω *osservare*. L'anemoscopio è una banderuola fissata ad un'asta verticale. L'asta, che è liberamente girevole intorno al suo asse, col suo estremo inferiore fatto a punta smussata poggia nel centro di una così detta *rosa de' venti* (fig.69.), e porta un indice, in direzione diametralmente opposta a quella della banderuola. La rosa de' venti consiste in un cerchio, diviso in 32 settori uguali per altrettanti raggi, che chiamansi *rombi di vento*, e sono contrassegnati colle iniziali dei venti corrispondenti. La banderuola, come tutti sanno, spinta dal vento volge a questo la sua costa, e manda l'indice sul rombo corrispondente. A valutare la forza del vento, è in uso l'*anemometro*, che è una piastra metallica verticale, tenuta da una molla ad una certa distanza della detta costa della banderuola. Questa piastra è dal vento avvicinata più o meno all'asta della banderuola, a seconda che il vento medesimo à maggiore o minor forza.

2° Il vento aliseo all'origine, cioè sulle coste orientali del mare, procede più ristretto; ma poi s'allarga, ed è assai più ampio alle coste occidentali. Esso non si fa sentire sui con-

tinenti, perchè è impedito dalle catene dei monti, e contrariato dai venti irregolari ; nè spira precisamente sulla linea equatoriale, ma alla distanza di circa due gradi al di qua, e al di là di essa.

3° Il vento polare non si manifesta solo sui mari aperti, per gli ammassi di ghiaccio che trasporta; ma anche sui continenti.

4° Franklin è stato il primo ad introdurre la distinzione fra i venti di aspirazione, e quelli d'impulsione. Dei primi si à un esempio nel venticello, che producesi all'aprir di un soffietto; dacchè l'aria entra in esso, e il vento à la sua origine al foro del soffietto medesimo. Infatti l'aria, che vi entra la prima, è la più prossima al cannello, poi via via la men prossima: onde il venticello va estendendosi e propagandosi a sempre maggior distanza dal detto cannello, ossia in senso inverso alla direzione dell'aria. Dei venti d'impulsione somministra l'esempio il soffietto medesimo, chè al chiuderlo produce un vento, il quale si propaga nel senso stesso, in cui soffia.

***84. Conclusione dell' Articolo.** — Se la procella e l'uragano portano lo sterminio, e la desolazione sopra la faccia della Terra; se la burrasca coi suoi turbini fa in pezzi i navigli, o li seppellisce tutti interi nel fondo del mare; se la bufera abbatte gli edificii; se la brezza ci reca una nebbia malsana, o una brina dannosa alla vegetazione; se lo scirocco è foriero di umidità e di malattie; se il fulmine uccide uomini ed animali, chi avrà il diritto di biasimare il governo del Signore? Non è abbastanza sorprendente lo spettacolo della Natura, per convincerci che il suo Autore sapientissimo, buonissimo e potentissimo non può aver fatto veruna cosa la quale sia veramente un male; e che debbono bene avere la loro grande utilità anche quelle poche leggi fisiche, le quali ci appariscono dannose e crudeli ? Si sono bilanciati questi mali, così palesi e lamentati, coi beni spesso ignorati e generalmente occulti, che ne derivano o vi si associano? I venti moderati distribuiscono la pioggia; spingono le vele de' bastimenti e le ali de' mulini; mescono le varie sostanze, che continuamente esalano nell'aria, non chè i prodotti della respirazione degli animali, degli assorbimenti de' vegetali, e

delle combustioni. I venti impetuosi agitano profondamente l'aria dell'atmosfera, e le acque degli oceani per impedirne la putrefazione; traggono giù nel suolo a fecondarlo quei principii, che sarebbero micidiali agli esseri animati; mettono un giusto equilibrio nella distribuzione di quel fuoco misterioso, e più utile assai di quello che finora se ne sappia, il quale si appalesa nel fulmine. Non ci recherebbe tanto piacere il magnifico spettacolo del Cielo stellato, nè ci apporterebbero sì grande consolazione, stupore ed allegria la sua bella volta azzurra, i magnifici colori dell'iride, la luce vivificatrice del Sole, se a quando a quando le nubi e la nebbia non dispiegassero una tetra cortina ad occultarci sì pure bellezze. Ma oltre a ciò quelle nubi sono il serbatoio delle acque, le quali oppure cadendo in pioggia rinfrescano la terra, fecondano i campi, alimentano le fontane, aggirano le ruote de' mulini, e delle macchine degli opificii; oppure discendono lentamente in fiocchi di stelluzze esagone di candida neve, i quali traendo giù le esalazioni nocive agli animali, ma utilissime alla vegetazione, purificano l'aria, ed ingrassano i terreni, ed essendo 24 volte più leggieri dell'acqua, ammantano il suolo di soffice coltre, e difendono dagli agghiacciati venti le erbe novelle e le sementi, o in ghiacci perpetui conservansi sulle montagne pel tempo della siccità; oppure cadono insensibilmente sotto forma di rugiada, che è quell'inestimabile dono del Cielo, a cui dagli uomini meno si attende, e che negli anni di maggior siccità sostiene e conserva le piante; oppure dall' aere tenebroso si riversano sotto forma di grandine, e recano la sterilità a ricordare alla nostra superbia quanto sarebbe agevole a Dio sterminarci da questa Terra. Quando mugghia il tuono, e in Cielo fatto scuro in pien meriggio guizzano i lampi, e ne trema e impallidisce del pari l' uom volgare e l'eroe; quando imperversa un temporale, e sembra che vada in fascio l'Universo, e che tutta la Natura si risolva nel suo primiero caos; allora sente anche il malvagio, che nulla esso può contro Dio; allora un salutare terrore lo investe; allora..... Ma che serve andar oltre in questa inesauribile enumerazione? L' uomo profano non sa darsi pace; e non intende perchè Iddio non abbia potuto, o voluto conce-

derci tutti i beni senza miscuglio di male. Esso à dimenticato uno dei più grandi principii religiosi, o forse non à mai ben compreso, che il nostro fine non è su questa Terra; che la nostra destinazione non si chiude in questa breve esistenza; che la vita presente ci fu data solo per prova e per occasione di merito; che è nostra somma ventura poter soffrire qui « alcune lievi e momentanee pene, le quali operano un peso eterno di gloria ».

ARTICOLO II.

FENOMENI TERRESTRI.

65. Moti delle acque nei mari e fosforescenza.

I. DEFINIZIONI. 1ª Il moto periodico, pel quale il livello delle acque del mare ogni giorno prima s'innalza, e poi si abbassa, chiamasi *marea*.

2ª L'innalzamento del livello à nome *flusso*; e *riflusso* è chiamato il suo abbassamento.

3ª L'elevazione massima suol dirsi *alta marea*, e *bassa marea* la massima depressione.

4ª Il moto continuo da levante a ponente, che si manifesta nelle acque del mare all'equatore, à nome *corrente equatoriale* od *equinoziale*.

5ª Il movimento, per cui l'acqua fredda si dirige dalle zone polari verso la torrida, e la calda in senso opposto, e che è noto sotto il nome inglese di *gulfstream*, è da taluni chiamata *corrente araiogena*, da ἀραιόω (*rarefacio*) e γεννάω (*genero*), cioè generata dalla rarefazione.

6ª Chiamasi *moto vorticoso* quello generato da due correnti di opposta direzione, che s'incontrano lateralmente.

7ª È detto *gorgo* l'urto di una corrente contro una rupe; come avviene a Cariddi dirimpetto alla Sicilia.

8ª Quello splendore, che mandano le acque del mare agitate dai remi, suol dirsi *fosforescenza*.

II. SCOLII. 1ª Nel periodo di ore 24, e 50 minuti si ànno due flussi, e due riflussi.

2° Nel Marpacifico in vicinanza di Ottaiti la marea non supera 32 centimetri; quando tra la Nuovaghinea e l'Australia eccede i tre metri e mezzo. Nell'Oceano atlantico è di soli centimetri 41 alle isole Martiniche, si avvicina a 6 metri a Calais, ed a Sanmalò giunge a ben 15 metri. Nell'Oceano boreale vicino al Caponord è poco più di 2 metri e mezzo, e nella baia di Hudson si eleva a metri 5,2. Nel Mediterraneo ad Algeri non arriva a 9 centimetri, non oltrepassa 32 a Napoli ed a Tolone; a Venezia l'alta marea giunge ad un metro e 14 centimetri.

3° La corrente equatoriale à la velocità di quasi un chilometro ad ora. Essa osservasi nell'Oceano atlantico, e si trova di nuovo nel Marpacifico; donde s'inoltra nel mare delle Indie per lo stretto dell'isola di Giava: indi si ripiega sulla punta meridionale dell'Affrica, e si mostra di nuovo nell'Oceano atlantico, dirigendosi verso le coste occidentali dell'America, e riunendosi al suo primo corso per lo stretto Magellanico.

4° La corrente araiogena è stata esaminata principalmente da Sabine, Rennel, ed Humboldt; i quali ànno trovato in essa la velocità massima di 148 chilometri a giorno. Ma tale velocità va diminuendo a misura che la corrente si discosta dall'equatore.

5° Negli stretti sempre s'incontrano delle correnti. In quello di Gibilterra l'acqua superficiale affluisce dall'Oceano nel Mediterraneo; e poichè non si conosce una corrente profonda in senso inverso, convien dire che il nostro mare perda per evaporazione più acqua di quella che riceve o per pioggia o pei fiumi che vi metton foce.

6° La fosforescenza del mare suole attribuirsi a miriadi di animaletti, della specie delle lucciole, natanti sulle acque, ed alla luce, che viene tramandata dai pesci in putrefazione, la quale si manifesta d'ordinario due giorni dopo la loro morte e dapprima vicino agli occhi, e dura poi per giorni ed anche per settimane.

66. Fontane, e sorgenti. — Uno dei più interessanti fenomeni terrestri è costituito dalle acque sorgenti, dalle quali ànno spesso principio i fiumi.

I. DEFINIZIONI. 1ª Diconsi *intermittenti* quelle fontane, che alternamente ora dànno acqua, ed ora rimangono asciutte.

2ª *Periodiche* sono chiamate le fonti, dalle quali l'acqua spiccia ad intervalli uguali, oppure continuamente, ma con certe variazioni di abbondanza e scarsezza, che si alternano in tempi determinati.

II. SCOLII. 1° Le fontane abbondano principalmente presso o sul dorso dei monti. Dacchè spesso le acque di pioggia o di neve che scolano dalle cime delle montagne, incontrano vani o arena; ivi discendono sotterra, e poi in luoghi più bassi ricompariscono riunite e copiose. Nei terreni, ove predominano il granito o le rocce scissili, o le argille, v'ànnò sorgenti numerose, ma non molto abbondanti: sono invece ricche assai, ma men frequenti, ne' terreni calcarii: nella fontana di Valchiusa si rimonta in barchetta fino all'antro dond'esce. Nei terreni di sabbia o di ghiaia e nei conglomerati vulcanici, pei quali l'acqua agevolmente trapela, difficilmente veggonsi delle sorgenti: ma ve ne sono sott'essi, cioè là, ove toccano il terreno, cui coprono.

2° Nei colli romani sono stati scavati varii pozzi, ma l'acqua sta presso il piano della città; invece nei piani privi di tufo i pozzi sono poco profondi. Nei terreni poi a strati orizzontali e nello stesso circondario le acque scaturiscono pressochè ad uno stesso livello.

3° V'à delle sorgenti, che escono dalle caverne, accompagnate la state da vento freddo; e di quelle che, sebbene lontane dalle ghiacciaie, sono più abbondanti in estate, e perfino asciutte nel verno. Alcune sorgenti zampillano spontaneamente dal suolo sollevandosi in altó; come fanno le sorgenti calde e intermittenti d'Islanda. Ed è singolare che qualche sorgente d'acqua dolce, come quella del golfo della Spezia, sorge dal fondo stesso del mare.

4° In Italia è celebre la fontana intermittente pliniana presso il lago di Como. Non lungi dal castello di Petescia in Sabina è un fonte doppiamente periodico, il quale rimane asciutto per anni, e quando è in azione dà acqua due sole volte al giorno. Le inondazioni del Nilo debbonsi all'acqua che scaturisce abbondantemente dalle sue sorgenti nei mesi

intercetti fra Marzo e Giugno, nei quali cadono abbondanti piogge sui monti Dellaluna, e nelle alture di Abissinia.

67. Sorgenti di acque minerali e termali. — I. DEFINIZIONI. 1ª Le acque, le quali contengono una quantità di materia inorganica, che basti ad alterarne le qualità sensibili, vengono chiamate *acque minerali.*

2ª Diconsi *termali* le acque, le quali naturalmente ànno una temperatura più alta della atmosferica predominante.

II. SCOLII. 1° Le acque attraversando le terre e le rocce, incontrano talvolta delle materie solubili, se ne impossessano, e scaturendo dal suolo dànno nascimento alle sorgenti di acque minerali.

2° Alcune acque minerali sono potabili, anzi parecchie ànno virtù medica.

3° Le acque minerali distinguonsi in saline, acidule, ferrugigne, e solforate. Fra le saline sono dette *salate* senza più quelle, nelle quali domina il sal marino; *amare* o *purgative*, se contengono il solfato di magnesia; *alcaline*, se vi si rinvenga molto sottocarbonato di soda.

4° Le *acidule* ànno sapore agro; ed agitate sviluppano molte bolle d'acido carbonico. Sono tali le nostre *acquacetosa* ed *acquasanta*, non che l'*acquarossa* presso Viterbo.

5° Le *ferrugigne* ànno sapore stitico, cioè afro e lazzo, e divengono cerulee o nere per l'infusione di galla, o di scorza di quercia. Vi appartengono le termali di Pozzuolo, e l'acqua del Campaccio presso alla Tolfa.

6° Le *solforate* mandano odore di acido idrosolforico ed oscurano l'argento. Sono solforate termali le acque delle terme Taurine, e della Ficoncella presso Civitavecchia, quelle di Stigliano, quelle del bulicame di Viterbo, e quelle della Porretta nel bolognese. Sono poi solforate fredde quelle di Santalucia e del Castello Delluovo a Napoli, e quelle di Bifonica presso Firenze. Ma fra queste le più celebri sono le *Albule* di Tivoli.

7° Le stallattiti sono formate dalle acque, che tengono sciolte delle materie calcaree. Le acque di Tivoli depositano, scorrendo, gran quantità di materia calcare, che s'agglomera, s'indurisce, e diventa il travertino.

8° Sui monti Pila in Francia, e Ginevra nell'alta Italia v'à delle sorgenti d'acqua così fiedda, che non si può bere. Alcune sono tepide ed ànno una temperatura simile all'umana, cioè di 37° C. La più calda sorgente di Sangiuliano presso Lucca à la temperatura di 54°; quella di Abano in vicinanza di Padova ascende fino a 99° ed a ben 100° giunge quella di Oelve in Islanda.

9° Alcune sorgenti ànno variato di temperatura in occasione di tremuoti, o di eruzioni vulcaniche. S' intende già che una sorgente, la quale abbia una temperatura costante ed uguale alla media atmosferica, in estate sembri fredda, e calda nel verno.

10° Il calore delle termali dipende dai vulcani, vicino ai quali esse passano, o dai fuochi, che trovansi nel seno della Terra, oppure anche da semplici azioni chimiche.

88. Esalazioni, terreni ardenti, salse e mofete.

I. DEFINIZIONI. 1° Si chiamano *salse* e da alcuni *vulcani gassei*, ma potrebbero anche dirsi *semivulcani aereoargillosi* certe masse di terra salata, donde esce a sprazzi e a getti una melma semiliquida e qualche gasse.

2° Sono chiamati *mofete* i bassi strati costituiti da acido carbonico, come quella della Grotta del Cane presso Napoli.

3° Diconsi *terreni ardenti*, *fiamme*, *fontane ardenti*, o *vulcani idropirici* le emanazioni, che ardono da sè tranquillamente; come quella di Pietramala lungo la via da Firenze a Bologna.

II. SCOLII. 1° Da innumerabili luoghi sorgono spontanee varie specie di gassi, come l'acido carbonico, l'acido idrosolforico, ed il nitrogene. Rimescola con un bastone il fondo di un'acqua stagnante o paludosa, ne vedrai salire delle gallozzole; le quali, ove raccolgansi in recipienti pieni d'acqua e capovolti colla bocca sotto il livello, si mostrano costituite da un gasse capace di ardere, e perciò detto da Volta *aria infiammabile delle paludi*; ed è idrogene carburato, o un miscuglio dei sopraddetti gassi. Spicciano talora anche dalle acque correnti, come accade alle rive del Tevere dentro Roma.

2° Sono gassi elaborati talora lentamente nel seno della

Terra dalle stesse azioni fisiche e chimiche, donde originano le eruzioni vulcaniche; gassi che trovano un adito nelle fenditure del suolo, e si spandono nell'atmosfera. Che se il sito è chiuso ed il gasse molto pesante, questo si dissipa lentamente, e di continuo ne subentra del nuovo.

3° I terreni ardenti dànno esalazioni d'idrogeno carburato misto spesso al gasse idrosolforico. Ma se una di queste fiamme, lontana da altre, si spenga, non suole riaccendersi da sè.

4° Le salse tengono un posto di mezzo fra i terreni ardenti o le sorgenti d'aria ed i vulcani. Talora fanno delle vere eruzioni di fanchiglia, rena, e pietre abbastanza grosse. Le salse più conosciute sono quelle dell'Appennino nel modenese, nel parmense, e nel bolognese, e quella di Macaluba in Sicilia.

69. Vulcani. — Più noti sono i fenomeni dei vulcani, dei quali entriamo a parlare.

I. DEFINIZIONI. 1° Suol darsi il nome di *vulcani* ai monti, dai quali a quando a quando esalano fumo o sabbie, e talvolta vengono scagliati sassi roventi, o scaturiscono fiumi infocati; e tutto ciò non di rado con accompagnamento di ruggiti, tuoni, e rimbombi.

2° Le materie pietrose e fuse, che escono dai vulcani, vengono chiamate *lave*.

3° Si addimandano *crateri* le aperture, di forma pressochè d'imbuto, donde escono i corpi infuocati.

4° È chiamato *fummaiuolo* il vulcano, quando non emette che fumo.

5° Diconsi *solfanarie* quei siti, donde si sollevano delle esalazioni sulfuree.

6° Si appellano *boatì* i muggiti o tuoni che escono di sotterra precursori o compagni dell'eruzione vulcanica.

II. SCOLII. 1° Si conoscono presso a 200 vulcani ardenti, più della metà dei quali ritrovansi nelle isole. L'Europa continentale ne à uno ed è il Vesuvio di Napoli. Nell'isola di Sicilia vi è l'Etna che è uno dei vulcani più alti del mondo: dacchè esso si eleva a metri 3400; ed in prossimità della stessa vi è lo Stromboli, che è uno dei meno elevati.

2° Più volte è avvenuto che dei vulcani scoppiati dal fondo del mare ànno formato nuove isole. Così nel 1831 presso la Sicilia nacque una nuova isola, che presto si abbassò, ed il 28 del seguente dicembre scomparve. Nel 1538 vicino a Pozzuoli, in virtù di un' eruzione prodotta da fuochi sotterranei, in 48 ore sorse e si formò il così detto *Montenuovo*, alto 650 metri sul suolo e del perimetro di 3 chilometri.

3° Le eruzioni dei vulcani sono spesso precedute da colonne di denso fumo; che, con vapori e varii gassi (che sono a un dipresso quelli delle salse) e talvolta ancora con cenere, s'innalza con impeto a grandi altezze, ed oscura perfino l'orizzonte. Ad esse si associano, non che i boati, lampi, fulmini, e tuoni fragorosi.

4° Quando il vulcano fa tregua non emette che fumo; e intanto la lava infocata bolle ed oscilla nell'interno della voragine, come osservò nell'Etna lo Spallanzani. Se la temperatura cessa di essere altissima, la lava indurisce ed il vulcano sembra estinto; finchè dopo mesi, anni, o secoli non si ridesti. Accade eziandio che il vulcano veramente si estingua, e ciò nondimeno dalla chiusa voragine continuino a sorgere delle esalazioni solfuree.

5° Il tempo di riposo dei vulcani segue d'ordinario la ragione della loro altezza: sebbene talora avvengano delle tregue straordinarie. Le eruzioni nello Stromboli sono frequenti; meno lo sono nel Vesuvio, e meno ancora nell' Etna. Il Vesuvio, quando nell'anno 79 seppellì Pompei, Ercolano e Stabia, era rimasto tranquillo da qualche secolo.

6° I vulcani lanciano, oltre a gran copia d'argilla carburata fangosa, basalti, scorie, pomici, lapilli. I gassi, che essi svolgono, sono ad un dipresso quelli delle salse. È curioso che i monti del Quito fra una grande eruzione e l'altra vomitano talora colla fanchiglia una gran quantità di pesci, che sono quelli dei ruscelli del paese. La fanchiglia, che presto indura, alcune volte contiene un principio, che la rende nericcia, e combustibile come la torba; e mostrasi un composto di carbonio ed idrogene.

7° I prodotti di molti vulcani estinti sono differenti dalle

lave moderne. Sono rocce meno porose, d' un nero più o meno carico, a base di labradorite, contenente del pirosseno nero, spesso dell'ossido di ferro magnetico, del peridoto, ed anche dei feldespati cristallini, e però di struttura porfirica. Insomma sono rocce di basalte. Talvolta si trovano frammiste lave porose e lave basaltiche. Quando le lave si arrestano su di un suolo orizzontale, la parte inferiore è compatta, cristallina, e spesso divisa in colonne prismatiche perpendicolari alla superficie che l'à raffreddata; e la parte superiore è porosa, cellulosa, scoriforme, divisa irregolarmente e terminata da una superficie piana e pressochè orizzontale. I terreni basaltici, per questa loro tendenza a dividersi in lunghi prismi, eccitano meritamente l'ammirazione dei viaggiatori. Qua tutti i prismi convergono al vertice di un monticello simile ad una barca di covoni; là ci si presentano disposti in magnifici colonnati, come ve n' à nell' Irlanda e nel mezzogiorno della Francia; altrove tutte le colonne tagliate al medesimo livello formano un pavimento a lastre regolari, il cui aspetto grandioso gli à procacciato il nome di *pavimento dei Giganti*; qualche volta le escavazioni, che ci si offrono al mezzo delle masse basaltiche, o delle rocce trappiche, costituiscono delle grotte pittoresche fiancheggiate regolarmente da fitti pilastri, fra le quali è celeberrima quella di Fingal nell'isola di Staffa.

8° Vi è una certa concordia fra i Fisici nell' ammettere che i vulcani provengano da energiche combustioni, le quali accadono nel seno della Terra, e che sviluppano abbondanti fluidi elastici. Questi per un certo tempo sono tenuti imprigionati dalla lava liquida; in quella maniera, onde l'acqua chiude il gasse dell' illuminazione nel gassometro. Ma poi col loro successivo accumularsi acquistano la forza di sollevare la lava sovrastante e lanciarla in alto, oppure s'aprono un nuovo cratere. Resterebbe a sapere come sieno alimentate le combustioni, o donde il calore che fonde i solidi, e li converte in vapori: ma su di ciò non si conoscono finora che mere ipotesi.

70. Terremuoti. — Forieri o compagni delle crisi vulcaniche, e talora anche di quelle delle salse sono i tremuoti.

I. DEFINIZIONI. 1° Le scosse od ondulazioni più o meno violente, alle quali talora vanno soggette alcune porzioni della Terra, chiamansi *terremoti*.

2° Il terremoto è detto *ondulatorio*, se quei movimenti sono orizzontali; *sussultorio* nel caso di movimenti verticali.

3° Viene denominato *sismometro* e *sismografo* da σεισμός *scossa* ogni strumento capace di indicare la direzione del terremoto.

II. SCOLII. 1° I terremoti assai spesso vengono accompagnati da tuoni e muggiti sotterranei, ed inoltre da innalzamento di vapori ed oscuramento del cielo. La grandine talora li precede, e talora li segue; come talvolta li segue un passeggiero annuvolare. Fu asserito essere indizio di prossime scosse le striscie nuvolose prima bianche e poi rossicce, che al cadere del Sole appariscono verso ponente; e che i tremuoti sogliono ripetersi periodicamente alla stessa ora. Certo è che, quando un terremuoto si ripete frequentemente, non di rado vi si associa per ore o giorni un leggiero, ma continuo tremolio.

2° Talora è avvenuto che i terremoti abbiano intorbidato le acque dei pozzi saglienti o artesiani, e delle sorgenti. In occasione di tremuoto talvolta si è visto fendersi il suolo con grandi e profondissime spaccature, poi ricongiungersi ma non dapertutto; il mare dove ritirarsi, e dove levare altissime onde, ed invadere qualche miglio di terra; i laghi enfiarsi a dismisura; e i fiumi fremere e gorgogliare ad imitazione dell'acqua bollente.

3° I terremuoti possono propagarsi a distanza grandissima. Quello del 1601 scosse tutta l'Europa e gran parte dell'Asia; quello di Lisbona nel 1775 fu inteso all'istante medesimo nell' Europa intera, e si estese dalla Laponia alla Groenlandia e dalla Martinica all'Africa, ove atterrò Marocco, Fez, e Mequinez.

4° I tremuoti, sieno o no generatori di vulcani, sono capaci di sollevare od abbassare il suolo. Ma ora è dimostrato che in diverse parti dei continenti si fa un lento lavorio; per cui il suolo gradatamente qua s'innalza, e là s'abbassa. Un evidente abbassamento succede al presente nella

Groenlandia e nelle coste della Scania; per converso s'avvera un indubitato innalzamento nella Finlandia, ed in una gran parte della Svezia. Anzi alcune regioni oscillano su e giù lentamente. Ne fanno testimonianza le tre colonne del tempio di Serapide presso Pozzuoli, le quali ora poggiano sopra un suolo, che sta quasi al livello del mare: ma all'altezza di tre metri fino a 5 ànno una zona perforata da molluschi litofagi; e però se prima furono innalzate sopra un pavimento asciutto (com'è naturalissimo), dopo si sommersero, e quindi ànno emerso di nuovo

5° Comunemente ritiensi che la cagione de' terremuoti non sia diversa da quella de' vulcani.

6° Il più semplice *sismografo* è quello così detto *di Pistolesi*. Esso consiste in un ago calamitato sospeso orizzontalmente, per mezzo di un filo di seta lungo e fino, nel centro di un cerchio di ferro dolce di diametro un poco maggiore dell'ago stesso. In occasione di terremuoto il filo dell'ago è rimosso dalla verticale nel senso della scossa, e l'ago va così a battere con un suo polo sopra quel tal punto dell'anello di ferro, che à lo stesso azzimutto della direzione della scossa, e vi resta attaccato.

7° Il così detto *sismografo di Cacciatore* è composto di un recipiente di legno munito all'orlo di 8 fori, diametralmente opposti, o fatti nel medesimo piano orizzontale, e comunicanti per mezzo di canaletti di ferro con altrettanti bicchieri. Il recipiente è pieno fino ai fori di idrargiro: il quale nel caso di moto ondulatorio trabocca da due fori opposti, in caso di sussultorio si getta in tutti i bicchieri.

8° I progressi delle scienze fisiche, benchè non ci abbiano ancora disvelate tutte le cagioni dei fenomeni terrestri, ànno per altro sufficientemente provato, che quelli fra essi, che ci atterriscono o ci affliggono, nascono da quegli stessi agenti fisici, i quali producono quei mille altri, che tornano a noi giovevolissimi. Cadono quindi le assurdità del manicheismo; e le favole di Encelado e Tifeo sotto i monti ignivomi; della fucina di Vulcano nell'Eolie; di Plutone che rapisce in Sicilia (cioè vicino all'Etna) la figlia di Cerere; e di Nettuno che scuote la Terra. Tutti i naturali fenome-

ni e tutte le cagioni loro sono produzioni dell'unico Artefice dell'Universo. Questo suggerisce chiaramente la Filosofia; questo altamente proclama la Rivelazione. Quei, che si gloriano di chiamarsi discepoli della Natura, astengansi dal decidere temerariamente su ciò, che non conoscono; o dal dubitare empiamente di quello, che la Somma Sapienza ci manifesta per organo di chi ne tiene le veci.

« *Illud rogamus ne humana divinis officiant, neve ex reseratione viarum sensus et accensione maiore luminis naturalis aliquid incredulitatis et noctis animis nostris erga divina mysteria oboriatur.* »

Bacone da Verulamio. *Instaur. Magn. Praef.*

CAPO SECONDO.

GLOBO TERRACQUEO.

71. Argomento del presente Capitolo. — Passati velocemente in rivista i fenomeni atmosferici e terrestri, entriamo ora a trattare esprofesso del nostro globo; ricercandone in un Primo Articolo la figura esatta, le dimensioni, le zone ed i climi; e nel Secondo i caratteri esterni e distintivi dei corpi, che l'abitano, lo rivestono, o ne costituiscono la corteccia.

ARTICOLO I.

GEOGRAFIA MATEMATICA.

72. Tema dell' Articolo, e nozioni preambule. — I. SCOLII. 1° Finora ci siamo contentati di sapere che la Terra è di forma pressochè sferica; e questa cognizione ci fu sufficiente per condurre con ordine didascalico tutta la Prima Sezione. Ma ora, che abbiamo rivolta la nostra attenzione speciale alla Terra, è tempo di ricercarne la *esatta* figura. Se non che tale indagine esige che siasi appreso il metodo per misurare una linea tracciata sulla superficie terrestre. Ed appunto dalle nozioni fondamentali relative a tal metodo esordiremo il presente Articolo.

2° Già sappiamo (**16**.II.14°) che ogni piano, il quale passi pei poli terrestri, determina sulla superficie della Terra una curva rientrante in sè stessa, e che la metà di tal curva intercetta fra i due poli viene denominata *meridiano terrestre*. Parimenti sappiamo (**16**.II.13°) che l'incontro del piano dell'equatore celeste colla medesima superficie della Terra determina l'*equatore terrestre*. È chiaro inoltre che possono concepirsi quanti si vuole meridiani terrestri, ognuno dei quali tagli l' equatore in un diverso punto. Ebbene: per distinguere un meridiano da ogni altro si è convenuto di denominarlo da uno di quei paesi, pei quali trapassa; però si dice il *meridiano di Roma*, il *meridiano di Parigi*.

3° Sarà determinata onninamente la posizione di un sito qualunque sulla superficie della Terra, ove si conosca I. qual sia la posizione del suo meridiano sulla superficie terrestre, II. su qual punto del meridiano medesimo esso trovisi collocato. Per venire in cognizione della prima cosa converrebbe fissare per convenzione nell'equatore terrestre un punto, su cui s'avesse a contar zero, ed il quale costituisse così il principio della sua graduazione. In tal maniera la giacitura di un meridiano potrebbe facilmente rendersi nota: poichè a tale intendimento basterebbe annunciare per qual grado di equatore esso trapassi. Potrebbe pur facilmente annunciarsi la collocazione di quel tal sito sul suo meridiano, cioè la seconda cosa, dicendo di quanti gradi di meridiano disti il sito o paese dall'equatore. Or questo appunto è ciò che si è fatto. Uno dei meridiani è stato chiamato *primo*; e si è convenuto che sull'equatore si dica zero colà, dove trapassa questo meridiano.

4° Ma non fu mai universalmente concorde la convenzione sulla scelta del meridiano primo. Chè da principio, sebbene si accordassero i Geografi a stabilirlo nella parte più occidentale d'Europa, e nel numerare i gradi da occidente verso oriente; pure in origine i Francesi lo vollero costituire nell'*Isola Delferro*, ed i Tedeschi nel *Picco di Teneriffa*. Più tardi, accortisi che la posizione di questi meridiani non era ben determinata, principiarono a considerare come primo un meridiano ideale distante 20 gradi giusti di equatore dal meridiano di Parigi. Il che portò che i Francesi, trascurati questi 20 gradi, costituissero per meridiano primo il meridiano stesso di Parigi. Abbandonata a questo modo la massima che dovesse ritenersi per meridiano primo quello che passa pel principio del Mondo (il qual principio dopo la scoperta dell'America non fu più che il principio del Mondo antico), accadde che ogni nazione amò di chiamar primo quel meridiano che passa per la propria città capitale.

II. DEFINIZIONI. 1ª L'arco di equatore terrestre intercetto fra il meridiano primo ed il meridano del sito, di cui si vuol annunciare la posizione, si domanda *longitudine geografica*.

2ª La longitudine chiamasi o *orientale* od *occidentale* secondo che i gradi si contano o andando verso oriente, o viceversa.

3ª L'arco di meridiano intercetto fra l'equatore e il sito, di cui s'à a determinare la posizione, contando dall'equatore in su, viene denominato *latitudine geografica*.

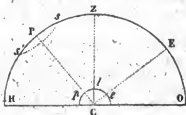
4ª La latitudine dicesi *australe* o *boreale* a seconda dell'emisfero, in cui essa ritrovasi.

78. Determinazione delle latitudini geografiche.

I. DEFINIZIONI. 1ª Sono chiamati *circumpolari* quelle stelle, che compiono pel moto diurno un circolo la cui circonferenza dista poco dal polo, ed è tutta molto alta sull'orizzonte.

2ª Gli Astronomi dicono che una stella circumpolare giunge alla sua *culminazione superiore*, quando essa nella sua massima altezza passa pel meridiano.

Fig. 71.

3ª Suol dirsi che l'astro medesimo è alla *culminazione inferiore* allorchè tocca il meridiano nella sua altezza minima.

II. TEOREMA. *La latitudine di un luogo è uguale all'altezza del polo celeste.*

Dimostrazione 1ª. Stando all'equatore terrestre si à il polo celeste (**31**.I.) all'orizzonte; ossia là, dove la latitudine terrestre è nulla, nulla è parimente l'altezza (**15**.II.4ª) del polo celeste. Partendo dall'equatore e andando ad un polo terrestre, si innalza il polo celeste (**30**.I.) fino allo zenit, ossia col crescere della latitudine cresce l'altezza del polo: cosicchè dove la latitudine è massima cioè di 90°, massima è ancora l'altezza del polo. Dunque nelle latitudini intermedie, l'altezza del polo seguirà la latitudine.

Dimostrazione 2ª. Più esatta è quest'altra dimostrazione. La (fig. 71.) distanza (HZ) dello zenit (Z) dall'orizzonte (HO) è uguale alla distanza (EP) del polo (P) dall'equatore (CE). Perciò queste due quantità, diminuite della distanza (PCZ) in

arco del polo dallo zenit, resteranno uguali. Il che vuol dire che la (22.I.1ª) declinazione (ECZ) dello zenit è uguale all'altezza (HCP) del polo. Ma la declinazione (ECZ) dello zenit è gradualmente identica alla latitudine (eCl) del sito (l): perchè i medesimi due raggi, uno dei quali (CE) va all'equatore celeste, e l'altro (CZ) allo zenit, passando per la superficie (*ple*) terrestre apparentemente concentrica alla celeste, determinano nel meridiano terrestre l'arco (el) di latitudine, e nel celeste l' arco (EZ) della sopraddetta declinazione. Dunque ecc.

III. PROBLEMA. *Determinare la latitudine di un dato sito.*

Risoluzione. Si prenda ad osservare una delle stelle circumpolari, e si aspetti che giunga alla sua culminazione superiore. Con un telescopio munito di quadrante (fig.16.), o con un *circolo meridiano*, si può conoscere la distanza (Zs) in arco di questa stella (s) dallo zenit. Dopo ciò si attenda che essa medesima venga alla culminazione inferiore (s'); e si determini la sua distanza (Zs') graduale massima dallo zenit. Ora è evidente che questa (Zs') meno la semidifferenza ($\frac{1}{2}[Zs'-Zs]=\frac{1}{2}ss'=s'P$) di ambedue le distanze (cioè $Zs'-s'P=PZ$) dà il complemento (PZ) dell'altezza del polo, e perciò l'altezza stessa cercata (PH).

Dimostrazione. Secondo l'antecedente teorema la latitudine di un sito è uguale all' altezza del polo. Ma col metodo or ora descritto si trova esattamente l'altezza del polo. Dunque ecc.

74. Determinazione delle longitudini geografiche.

I. TEOREMA. *Un dato fenomeno celeste si osserva in due ore diverse da due siti differenti in longitudine.*

Dimostrazione. Il tempo dato in ore e minuti è relativo. Infatti, regolato com'è per un interesse locale, varia secondo i luoghi. Ciascun osservatore dirà, esempigrazia, *ore dodici* o *mezzogiorno* nell'istante, il cui il centro del Sole passa pel piano del suo meridiano. Dunque un certo osservatore, che si trovasse 15 gradi più verso oriente di un altro mentre quest'altro dice che è mezzogiorno, conterebbe ora una pomeridiana: dacchè il Sole passa pel meridiano di quest'ultimo un'ora prima di quel momento, in cui il Sole stes-

so giunge al meridiano dell'altro osservatore. E un terzo che si trovasse 30° più verso occidente, in quell'istante stesso conterebbe le dieci antimeridiane: perchè il Sole non giunge al suo meridiano che due ore dopo. Dunque ad un dato fenomeno celeste viene assegnata un'ora diversa da osservatori posti in luoghi di longitudine differente; con questa legge che ogni differenza di 1 grado in longitudine porta la differenza di 4 minuti in tempo.

II. PROBLEMA. *Determinare la longitudine di un dato sito.*

Risoluzioni. 1ª Con un buon orologio o cronometro a tempo siderale (**18**.II.2ª) o solare a tempo medio (**21**.I.4ª), regolato pel sito, per cui passa il meridiano primo, si vada in quel sito, di cui si cerca la longitudine; ed ove si ritrova un altro cronometro esatto. La differenza di ore segnate dai due cronometri darà la differenza dei due meridiani, o la longitudine cercata.

2ª Ma anche senza viaggiare dalla città del primo meridiano al paese di cui cercasi la longitudine, può questessa determinarsi. Basta che sappiasi a quale istante, secondo l'orologio del paese, per cui trapassa il meridiano primo, o di cui già si conosce la longitudine, è per accadere un dato fenomeno celeste; esempigrazia il principio o il fine di un ecclisse solare o lunare, o meglio di qualche satellite. Allora notando con precisione quale ora segni il cronometro, regulato secondo il mezzogiorno del paese di ignota longitudine, nell'istante in cui di fatto accade l'ecclissi: la differenza fra il tempo dell'ecclissi osservata e quello dell'ecclissi predetta darà la longitudine cercata.

3ª Si conosce in antecedenza e può predirsi il momento, in cui per un dato paese di nota longitudine una qualche stella deve rimanere coperta da un dato pianeta primario o secondario. In un altro paese di longitudine differente questo occultamento accadrà in tempo diverso. E ciò per due cagioni: I. perchè la differenza di longitudine porta differenza di denominazione al tempo; II. perchè il fenomeno, per la parallasse (**49**.), accade realmente in due istanti diversi. Per la qual cosa, ove sia stata già calcolata questa seconda diversità, non si avrà che a sottrarre questessa dal-

l' intera differenza di tempo fra l' osservato ed il predetto, per averne la longitudine. Questo metodo richiede a dir vero un'operazione più complicata, ma è assai più esatto degli altri, e di un uso più frequente.

Dimostrazione. Già è stato provato che un medesimo istante viene chiamato diversamente in due siti di differente longitudine, e che ogni differenza di una unità nel tempo porta la disparità di 15 unità nella longitudine. Dunque ecc.

75. Metodo della triangolazione. — Tutto ciò che precede serve per misurare la distanza graduale, o in arco di circolo, di due siti differenti. Ora passiamo a ricercare come possa determinarsi con esattezza la distanza lineare dei medesimi.

I. DEFINIZIONI. 1° Il misurare una linea sulla superficie terrestre, deducendone le dimensioni da quelle di tutti i triangoli, che si imaginano racchiuderla, à il nome di *metodo della triangolazione*.

2° Quei siti, ove si suppongono i vertici degli angoli dei sopraddetti triangoli, sogliono dirsi *stazioni*.

3° È chiamato *base della triangolazione* quel lato di uno di essi triangoli, il quale vien misurato direttamente.

II. SCOLII. 1° La misura di una lunga linea incontra gravi difficoltà: i fiumi, i monti, ogni inaccessibilità sia naturale sia artificiale impedisce l'applicazione successiva della pertica, e della catena; è spesso impossibile procedere sulla stessa linea ad onta che non si esca dal medesimo piano verticale, per la disuguaglianza del suolo ordinariamente ondulato; riesce anche difficilissimo il non uscir mai dal sopraddetto piano verticale o dalla linea medesima. Convien dunque misurare una linea senza percorrerla. A prima giunta un tal problema sembra insolubile: ma il genio dell'uomo à trionfato di ogni difficoltà, e col metodo di triangolazione sono state misurate colla più minuta dilicatezza e con risultati abbastanza concordi delle linee anche più lunghe di un grado di meridiano. Un brevissimo cenno sul processo tenuto dal p. Boscovich gesuita cent'anni fa, nella celebre triangolazione dello stato Pontificio, servirà a mettere in chiaro la sostanza di una tale operazione. La quale può divider-

si in tre parti: I. costruzione e misura dei triangoli; II. determinazione della meridiana; III. misura della medesima. E di queste tratteremo separatamente nei tre scolii, che vengono appresso.

Fig. 72.

2° Bisogna principiare dallo scegliere le stazioni; ossia una serie di punti culminanti visibili uno dall' altro tre a tre, i quali racchiudano la linea meridiana, che si vuol misurare; e quindi piantarvi dei segnali o grandi biffe. Tali stazioni per Boscovich furono (fig. 72.) la cuppola (B) della Basilica di S. Pietro, il monte Gennaro (G) sopra Palombara, il Monte Soriano (S) o Cimino sopra Caprarola, il Fionco (F) vicino a Spoleto, il Pennino (P) non molto lungi da Nocera, il Tesio (T) al di là di Perugia, il Catria (K) sopra Canziano, il Carpegna (C) in vicinanza di Monte Feltro, il Luro (L) sette miglia lontano da Pesaro. Poscia si deve misurare con tutta esattezza una breve linea retta, dagli estremi della quale si veggano almeno due stazioni, cioè la base. Boscovich ne costituì due; una romana e fu la via Appia o la linea (sf) retta intercetta fra il sepolcro di Cecilia Metella e le Frattocchie; ed una riminese (rA) sul lido dell'Adriatico e precisamente alla foce del fiume Ausa; e le misurò con ogni possibile precisione. Quindi si devono misu-

rare gli angoli, che formano le rette che da una stazione vanno ad altre due prossime. Fu adoperato da Boscovich un *quadrante*, ossia una grande squadra (fig. 2.) di legno, sul vertice della quale potea girare un canocchiale, ma solo parallelamente al piano del quadrante. Questo quadrante fu costruito appositamente colla più squisita delicatezza possibile allora. Principiò Boscovich da Rimini, e misurò dapprima i tre angoli CA*r*, A*r*C, AC*r*; e con metodi matematici li riportò al piano dell'orizzonte, ossia eliminò gli errori che provenivano dalla obliquità del piano AC*r*. Il che oggi non è più necessario: perchè con un *teodolite*, o con un *grafometro* a canocchiale con suo movimento verticale, si ottiene immediatamente il valore degli angoli orizzontali. Quindi, conosciuta la lunghezza della base A*r*, potè dedurre anche il lato AC. Misurati poscia i due angoli CAL, ed ALC, ed anche per verifica l'angolo ACL, dal lato cognito AC dedusse il valore di tutto il triangolo, e però anche il lato CL. Misurati dopo i tre angoli LCK, CLK, e CKL, dal CL ottenne CK. Poi dall' angolo CKT e dal lato CK ebbe KT; da KPT ottenne PT; da FPT conobbe FT; così FS da FTS; GS da GFS; BG da BGS; G*f* da BG*f*; e finalmente da G*f*S, e dalla linea G*f* la *fc*, la quale si trovò quasi identica alla misura presa direttamente.

3° Dopo ciò conviene stabilire la direzione della linea meridiana. Per Boscovich dovea esser la linea che passa per la Cuppola, ossia la B*n*. A conoscerne la posizione è necessario determinare l'angolo, che essa linea meridiana fa colla linea la quale congiunge questa cuppola medesima B colla stazione del Monte Soriano, ossia l'angolo SB*n*. Or questo angolo è cognito, se è cognito il suo supplemento SB*m*, il quale è l'azzimutto (**15.** II. 5°) del Monte Soriano, o in altri termini è l' arco di orizzonte compreso fra il punto Sud e l' estremo della retta BS, che congiunge il Monte Soriano colla Cuppola. Si tratta dunque di trovare l'angolo *n*BS, cui essa fa colla meridiana B*n*. Or questo è il supplemento di SB*m*. Sarà dunque cognito, se potrà conoscersi l'angolo SB*m* o l'arco di orizzonte S*m*. A valutare quest'arco bisogna supporre che il Sole (fig. 73.) si trovi verso il tramonto in

s, ed imaginare condotto il suo circolo verticale ZV. Convien porre inoltre che pel Sole *s* passi il circolo di declinazione PD. Dopo ciò è chiaro che può col quadrante determinarsi la distanza angolare fra il Sole *s* ed il Soriano S, ossia l'arco SV, uguale all' angolo SBV, cui le visuali del Soriano e del Sole formano fra di loro alla stazione B. Dunque dall'azzimutto S*m*, o SB*m* del Soriano, è cognita coll' osservazione la porzione VS, eccesso dell' azzimutto del Soriano su quello del Sole. Per lo che se si trovasse il modo di conoscere matematicamente questesso V*m* o VB*m* per la stessa ora dell'osservazione, sarebbe tutto fatto. Ora l'azzimutto del Sole per la data ora si può facilmente ritrovare per mezzo di una semplice costruzione geometrica, e della risoluzione trigonometrica di un triangolo sferico. Ecco come. Il meridiano *n*Z*m*, il verticale del Sole Z*s*V, il circolo di declinazione solare P*s*D costruiscono un triangolo sferico P*s*Z, che à i suoi tre vertici, uno al polo, uno al Sole, uno allo zenit. Or bene: in questo triangolo è noto il lato PZ, complemento dell' altezza del polo; è noto il lato P*s*, complemento della declinazione appartenente al Sole nell' ora posta dell' osservazione, la quale declinazione è data dalle tavole; ed è finalmente noto l'angolo *s*PZ, ossia l' arco di equatore DE dato dall' ora. Giacchè il Sole dista in tal momento di tanti gradi dal meridiano, quanto è il tempo trascorso da mezzogiorno in poi, contando 15 unità in arco per ogni unità in tempo. Dunque tutto il triangolo è cognito; e per conseguenza è cognito anche l'angolo *n*ZV, ed il suo supplemento *m*ZV, azzimutto del Sole. Ma questo, più la distanza del Sole dal Soriano, danno l'azzimutto del Soriano. Dunque è cognito anche *m*BS, ed il

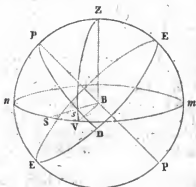



Fig. 73.

suo supplemento nBS, che è l'inclinazione cercata della linea meridiana sulla retta BS congiungente le due prime stazioni. A maggior sicurezza si può anche replicare la stessa operazione per l'altra stazione, e nel caso nostro pel Monte Gennaro; e la posizione della meridiana Bn sulla rete dei triangoli sarà esattissimamente determinata.

4° Adesso non manca più che misurare la Bn, prima linearmente, e poi gradualmente. Al primo scopo si supponga che da S (fig. 72.) venga abbassata la perpendicolare Sh sulla meridiana. Si otterrà con ciò un triangolo rettangolo BSh; di cui essendo noto il lato BS, che appartiene alla rete dei triangoli, e l'angolo SBh ritrovato testè, si potrà determinare il valore dell'altro lato Bh, che è una prima porzione della meridiana. Si imagini inoltre condotta per S una linea Sx indefinita parallela a Bn; e si faccia passare pel punto T una retta perpendicolare alla Bn, la quale venga ad incontrare la Bn in k, e la Sx in o. Ne deriverà il triangolo rettangolo STo, in cui è cognito il lato della rete ST; ed anche l'angolo oST: perchè è supplemento di TSB + BSx, ossia di TSF + FSG + GSB + BSx, angoli che sono tutti noti. Dunque sarà noto il lato So, e la seconda porzione hk di meridiana. Ora si conduca da T una parallela Ty, e da C una perpendicolare Cb alla Bn. Il triangolo CpT, che ne nasce, à il lato CT noto, e noto pure l'angolo CTp: perchè è uguale alla somma di varii angoli, che sono tutti cogniti CTK + KTP + PTF + FTS − 180° (= pTy) − STy (= TSo). Sarà dunque conosciuto il valore del lato Tp uguale alla terza porzione kl della meridiana. Finalmente si tracci per C una parallela Cz, e per A una perpendicolare Aq alla meridiana. Nel triangolo rettangolo ACq, che se ne ottiene, è già conosciuto il lato AC; ed è anche noto l'angolo ACq: perchè è uguale a 180° − ACL − LCK − KCT − TCz (= CTp). Sarà dunque nota la Cq e l'ultima porzione ln di meridiana che le è uguale. Per maggior sicurezza può istituirsi una operazione consimile al lato destro della meridiana; e così vien determinata la sua esatta lunghezza lineare da B fino ad n, ossia fino al parallelo all'equatore che passa per A o per l'estremo della base Ar. Il secondo intendimento è quello di

misurare *gradualmente* la linea medesima. Ma noi già sappiamo come questo possa farsi: perchè ricercare di quanti gradi costi la linea Bn è lo stesso che ricercare qual sia la differenza fra la latitudine di B e quella di A, identica a quella di n; ed è stato detto (72.II.) come si possa fissare con precisione la latitudine di un dato punto preso sulla superficie della Terra. Ma poichè fu narrata fin qui in succinto la triangolazione di Boscovih aggiungeremo che esso risolse questo problema osservando con un settore (fig. 2.) le culminazioni della α del Cigno e della μ dell'Orsa, delle quali eran già note le declinazioni, e però le distanze dal polo complementi di quelle. A questo modo ritrovò che la linea da lui misurata linearmente valea 2 gradi, 9 minuti primi, e 47 secondi [1].

76. Criterii per la determinazione della figura della Terra. — Prima di passare a ricercare quale sia la esatta figura della Terra è pregio dell'opera esporre le opinioni che ànno avuto maggior voga su tale argomento, non che i criterii, i quali debbono guidarci nel giudizio che avremo a portare di esse.

I. SCOLII. 1° Tre sono state le opinioni più accreditate intorno alla precisa figura della Terra. I Fenicii, gli Egiziani, ed i Persiani ànno creduto che la Terra fosse della forma

1 Mi piacque concretare il discorso del metodo della triangolazione narrando quella di Boscovich: non già perchè questa sia riuscita più felicemente di ogni altra, o perchè il metodo in essa tenuto debba preferirsi ai moderni. Conosco anch'in che al presente siamo in possesso di istromenti più acconci all'uopo, e che questa operazione così intralciata si può oggi assai abbreviare e condurre con maggior precisione. So ancora che contro quella del Boscovich si sono suscitate delle critiche, sulle quali io non debbo qui certamente portar giudizio. Ma volli ciò non ostante preferire questa ad ogni altra, perchè il metodo boscovichiano è forse il più intelligibile pei principianti; perchè fu uno dei primi tentativi fatti su di un soggetto così importante e così arduo; perchè finalmente, essendo stata eseguita per l' impulso e la munificenza dell'immortale Benedetto XIV, è una di quelle tante nostre glorie, che sogliono rimanere ignote: mercecchè di esse non solamente noi italiani per nostra indole non siamo soliti a menar vanto, come fanno gli stranieri delle loro, ma o non ne facciamo ricerca, o non vogliamo che se ne abbia notizia per ragioni, delle quali è bello tacere.

di uovo, ossia *oviforme*, come oggi i Fisici amano dire. Secondo questa opinione, la quale, come asserisce Francoeur (Uranographie, 16) è stata riprodotta anche recentemente, la Terra sarebbe allungata ai poli; in questi cioè avrebbe la sua massima curvatura. Presso i Peripatetici prevalse, fino al cadere del secolo XVII, l'opinione della perfetta sfericità della Terra; e ciò per considerazioni del tutto astratte. Ma dacchè Richer nel 1672 s'avvide che il peso dei corpi cresceva col portarli verso i poli; dacchè fu precisato questo aumento; dacchè fu calcolato che esso non potea totalmente ascriversi alla minor forza centrifuga, dipendente dalla minor velocità diurna di quei punti terrestri, che stanno nelle regioni polari in confronto a quelli dell'equatore; fu abbandonata l'idea della sfericità, e si pensò invece che la Terra fosse *aranciforme*, ossia schiacciata ai poli e rigonfiata all'equatore alla maniera di un arancio, o in termine geometrico *sferoide*.

2° La sferoidicità della Terra può dedursi e da metodi teorici, e dalla misura diretta dei gradi del meridiano. 1. Se la Terra fosse tutta ricoperta dalle acque e ferma, dovrebbe per le leggi della fluidità, che esporremo nel Secondo Volume (**28.III.1°**) costituire una sfera perfetta: ed ove le si collocasse tutt' intorno all' equatore una fascia di montagne o di acqua, quelle vi si fermerebbero, ma questa rifluirebbe anche sui poli ingrandendo il raggio della sfera. Non così nell'ipotesi che la Terra ruoti intorno a se medesima. Perchè in tal caso si svilupperà in ciascuna sua molecula una certa forza centrifuga; che è analoga a quella, per la quale col ruotare verticalmente un secchio pieno di acqua, questa si spinge verso il fondo anche quando il secchio tiene la sua bocca rivolta in giù. E però l'acqua dei mari, che ritrovansi in ogni regione della Terra, ed anche nell'equatore, dovrà rifluire appunto verso l'equatore medesimo, e mantenervisi ad un livello più distante dal centro della Terra che non quello delle regioni polari. Poichè si conosce la velocità diurna della Terra, la intensità della forza centrifuga che ne deve derivare, e la teoria newtoniana della diminuzione del peso per la maggior distanza dal centro; col

calcolo istituito su queste basi, non solo può dimostrarsi la sferoidicità, ma possono determinarsi eziandio le vere dimensioni del nostro globo. II. Si può anche partire dal fatto della diminuzione del peso dei corpi all'equatore, ricercare (come accennavamo nello scolio antecedente) se questa diminuzione si possa tutta attribuire alla forza centrifuga, e, in caso che no, investigare di quanto i corpi all' equatore debbono distare dal centro della Terra più di quelli ai poli per poter ascrivere a tal distanza la diminuzione residua del loro peso. Questi sono i metodi teorici per la risoluzione del problema adoperati da Newton, da Huyghens, da Maclaurin, e Clairant. Ma si può anche sciogliere il dubbio per mezzo della misura diretta del meridiano terrestre, come propose Giovanni Gaspare Cisenschmid. La legittimità del qual metodo rimane dimostrata dalla seguente

II. PROPOSIZIONE. *La figura esatta della Terra è data dalla misura lineare dei singoli gradi di un meridiano terrestre.*

Dimostrazione. È manifesto che, se la Terra fosse perfettamente sferica, ogni meridiano sarebbe un circolo, e però i singoli suoi gradi sarebbero tutti uguali fra di loro. Non così se la Terra fosse oviforme, oppure sferoidica. Poichè nel primo caso ogni meridiano sarebbe una ellisse, il cui asse principale si confonderebbe coll'asse stesso della Terra, ossia l'asse principale dell'ellisse sarebbe il polare. Nel secondo caso ogni meridiano sarebbe parimente un'ellisse, ma il suo asse principale sarebbe quello che termina all'equatore, ossia l'equatoriale. Ora una ellisse con ciascun piccolo archetto della sua circonferenza può combaciare con un archetto di circolo, che in tal caso si denomina *osculatore.* Ma i circoli osculatori sono di raggio tanto più breve, quanto l'archetto che baciano è più prossimo agli estremi dell'asse principale. E però i singoli gradi di ciascuno di questi circoli osculatori saranno linearmente tanto più brevi, quanto essi circoli sono più piccoli. O in altri termini divisa la circonferenza di una ellisse in 360 porzioni, ciascuna delle quali sia un grado del circolo osculatore appartenente a quella porzione; queste porzioni medesime, o gradi, saranno tanto più brevi, quanto saranno più prossime agli estremi dell'asse prin-

cipale. La questione dunque della figura della Terra si riduce I. a dividere la circonferenza di un meridiano terrestre in 360 porzioni, ciascuna delle quali rappresenti un grado di circolo osculatore; II. a misurare la lunghezza di questi singoli gradi. Ciò fatto se si ritroverà che questi sieno disuguali, il meridiano non è certo un circolo, e la Terra non è sferica; se disuguali con una certa legge in guisa che ritornino in ogni quadrante cogli stessi valori in simmetria, il meridiano sarà ellittico, e la Terra o oviforme, o sferoidica; se finalmente i più brevi gradi si ritroveranno all'equatore ed i più lunghi ai poli, la Terra sarà decisamente una

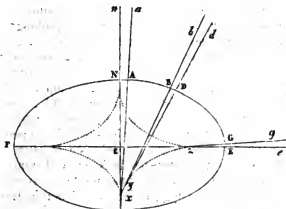



Fig. 74.

sferoide. Affinchè ciò sia manifesto facciamo che sul meridiano terrestre ABD... (fig. 74.) si contrassegnino tutte le 90 latitudini dall'equatore E fino al polo N. Queste, secondo il metodo della determinazione delle latitudini, risponderanno a tutti quei punti della Terra, ai quali stando si à allo zenit il termine di uno dei 90 gradi del meridiano celeste. Per esempio se si potesse andare sul punto N, si avrebbe allo zenit il polo *n*; stando in A resta allo zenit l' ottantanovesimo grado *a* di meridiano; andando da B in D si passa precisamente sotto i punti *b*, e *d* che sono gli estremi di un grado di meridiano celeste; finalmente i punti

G. ed E sono gli estremi di un grado di meridiano terrestre, perchè la distanza fra lo zenit *g*, e lo zenit *e* è appunto uguale ad un grado di meridiano celeste. Or questo equivale a dire che i 90 gradi del meridiano terrestre sono designati da altrettante perpendicolari all' orizzonte abbassate da ciascun grado di meridiano celeste, o ciò che è lo stesso, da altrettante verticali (**13**.I.4°) condotte ai singoli gradi di meridiano celeste. Ora le verticali non sono che le prolungazioni dei raggi terrestri appartenenti ai singoli siti, dai quali esse son sollevate (**14**.II.4°). Ma questi raggi nel caso nostro non sono propriamente raggi del meridiano ABD..., ma bensì raggi dei singoli circoli osculatori. Ne conseguita che quelle verticali le quali sono sollevate dalle parti più curve, come la E*e*, e la G*g*, prolungate che sieno, si riuniranno a minor profondità, per esempio in *z*, ove è il centro del più piccolo circolo osculatore; quelle che partono da un arco men curvo BD si riincontreranno sotto la superficie a maggior profondità, per esempio in *y*; quelle finalmente che si innalzano dalla parte NA, che è la meno curva di tutte, saranno prolungazioni di due raggi, i quali partendo da un centro *x* assai distante dalla superficie, sebbene distino fra loro di un grado come le altre, trapasseranno per i due punti superficiali N ed A distanti linearmente più di tutti gli altri. Insomma queste verticali discendono tutte da punti celesti equidistanti; ma nell'ipotesi che il meridiano sia ellittico verranno a riunirsi due a due, quali più, quali meno lontano dalla superficie terrestre; e precisamente nella curva *xyz*.... così detta *sviluppata*. Dunque evidentemente altre trapasseranno per questa superficie medesima in punti meno dissiti fra loro, e saranno quelle che appartengono alle parti più curve; altre la traverseranno in punti fra loro più remoti, e saranno quelle che appartengono alle parti meno curve. Ma la linea di meridiano terrestre racchiusa fra due di queste adiacenti è un grado di circolo osculatore, ed anche di meridiano. Dunque se il meridiano è ellittico, i suoi gradi saranno disuguali; anzi saranno più brevi quelli rispondenti alle parti prossime all'asse principale, e meno quelli rispondenti alle parti prossime all'asse coniugato.

76. Figura della Terra, e sua reale grandezza.

I. SCOLIO. Già si erano misurati i gradi del meridiano, e se n'era dedotta la intera lunghezza lineare, quando si imaginò di desumer da questa una nuova unità per le misure lineari, denominata *metro*. Diviso il meridiano in quattro quadranti, si volle nel principio del secolo presente, che questa unità *metro* fosse uguale alla decimilionesima parte di tal quadrante; o alla quarantamilionesima parte di tutto il meridiano. Però novanta gradi di meridiano contenendo dieci milioni di metri, ogni suo grado (ritenendo che sieno tutti linearmente uguali, o, se suppongansi disuguali, il suo grado *medio*) venne a valere metri centoundicimila e centoundici. E così il minuto di grado, che da noi si chiama *miglio geografico italiano*, vale metri 1851,85; ed il miglio pontificio è uguale a circa 1580 metri. Or bene: il *metro* è appunto la misura, della quale (poichè offre al nostro presente proposito numeri più facilmente ricordevoli) ci serviremo nella dimostrazione della

II. PROPOSIZIONE. *La Terra è depressa ai poli e rigonfiata all'equatore.*

Dimostrazione. A provare questa proposizione riportiamo alcune fra le più accreditate misurazioni dei gradi del meridiano. Swanberg in Svezia alla latitudine 66° (66°.20′,10″) ritrovò il grado lungo metri 111400 circa (111488). Struve in Russia alla latitudine 58° (58°.17′,37″) trovò la misura del grado uguale a metri 1113000 (111362). Kater in Inghilterra alla latitudine 52° (52°,35′,45″) lo misurò in metri 111200 (111241). Délambre in Francia alla latitudine 44° (44°,51′,02″) ottenne il valore di 111100 circa (111108). Boscovich nello Stato Pontificio alla latit. 42° (42°,59′,00″) riuscì alla misura di 111000 (111025). Tutti gli altri gradi più prossimi all'equatore misurati negli Stati Uniti (39°,12; metri 110880 Mason, Dixon), nelle Indie (16°,08′,22″; metri 110653 Lambton, Everest), al Perù (1°,31′; m. 110582 Bouguer, La Condamine) sono stati trovati sempre più brevi. Dunque di fatto la lunghezza dei gradi di meridiano tocca il suo valore medio alla latitudine di 45°; perchè il grado francese, alla latitudine inferiore alla media di soli nove

minuti, à un valore di soli 3 metri inferiore al medio. Dunque di fatto la lunghezza dei gradi di meridiano successivamente decresce con simmetria dal polo all'equatore. Dunque di fatto la Terra è rigonfiata all'equatore e depressa ai poli.

III. ALTRO SCOLIO. Tutti sanno che le proprietà della ellisse sono conosciute, e che è già stato ritrovato il modo di determinare il rapporto delle lunghezze dei suoi due assi, per una variazione data di curvatura; come pure le lunghezze assolute di questi assi medesimi dietro i valori dei gradi di latitudine. Non dee dunque recar sorpresa a veruno, che si sia potuto precisare il diametro equatoriale ed il polare. Senza entrare in questi calcoli, che appartengono al Trattato delle Sezioni coniche, dobbiamo contentarci di riportare i numeri tratti dalle migliori osservazioni, ed i quali meglio si accordano fra loro. Sappiasi adunque che il diametro equatoriale è miglia geografiche italiane 6887, o metri 12 754 863, ed il polare miglia 6864, pari a metri 12 712 251. Così la differenza dei due diametri non è che 23 miglia abbondanti (23,04, metri 42612, leghe 9,6), metà schiacciamento ai poli, metà rigonfiamento all'equatore Il che è ben poca cosa: mentre il rapporto dei due diametri si riduce a quello stesso, che passa fra 298. e 299, cioè a circa $^1/_{300}$. Per la qual cosa in uno dei più grandi globi terrestri da tavolino, il cui diametro non superi 30 centimetri, la differenza dalla vera sfericità non potrebbe essere che di un millimetro, quantità inapprezzabile in un globo di tal sorta.

78. Zone, e climi. — Prima di chiudere questo Articolo è opportuno definire almeno le principali divisioni astronomiche del globo terracqueo.

I. SCOLII. 1° I raggi solari ànno talvolta in certi siti, e nell'istante di mezzogiorno una direzione verticale. Ciò avviene due volte all'anno in quei luoghi, che non si discostano al di qua e al di là della linea equinoziale più di 23°, 28'; quelli cioè che sono racchiusi dentro i tropici terrestri (**20**.I.6°). Qui, a parità di circostanze in tutto il resto, domina maggior caldo che altrove.

2° Se poi si considerino quei luoghi circumpolari, che non si discostano dai poli più di 23°,28', ossia racchiusi dentro i

circoli polari; per questi, come già sappiamo (22.III.5°), passa qualche intero giorno senza che veggasi il Sole: e quando pur si vede, i raggi quasi vi trapassano sopra poco men che orizzontali; quindi vi domina freddo.

3° Finalmente tutti i luoghi, racchiusi fra un circolo polare ed il tropico prossimo, non ànno, è vero, mai il Sole allo zenit; ma non trapassa giorno che non lo veggano sul loro orizzonte. Per lo che ivi avrassi qualche cosa d'intermedio fra il massimo caldo, ed il massimo freddo.

4° Oltre ciò tutta la superficie terrestre s'immagina divisa in tante fasce circoscritte da altrettanti paralleli, determinati dalla durata della più lunga giornata dell'anno. Ove trattisi di latitudini superiori a 66°,32', la differenza di durata della giornata più lunga dev' essere di un mese; ma nelle latitudini inferiori alla sopraddetta quella differenza non è che di mezz'ora. Per esempio a Quito nel Perù la giornata è sempre di 12 ore, perchè Quito sta nella linea, le Antille si trovano sul parallelo delle ore 13; il parallelo delle ore 15 passa per Terracina, quello delle ore 15 e mezzo passa per Milano.

II. DEFINIZIONI. 1ª La fascia di Terra racchiusa fra i tropici è chiamata *zona torrida*.

2ª Le due regioni o fornici limitati dai circoli polari ricevono il nome di *zone glaciali*.

3ª Le due fasce racchiuse fra un tropico ed il prossimo polare vengono denominate *zone temperate*.

4ª Ogni fascia della superficie terrestre terminata da due paralleli, nei quali il più lungo giorno à una mezz'ora, o un mese di più o di meno dall'uno all'altro, si domanda *clima astronomico*.

5ª Dicesi *clima geografico* ogni fascia terrestre, nella quale domina un grado maggiore o minore di freddo o di caldo. Sebbene nel senso volgare *clima* abbia un significato più generale, ed indichi una regione qualunque del globo, che si trovi in condizioni di aria, di acqua, e di suolo diverse dalle altre.

6ª Viene chiamata *linea isotermica* (denominazione tolta da ἴσος *uguale*, e θέρμη *calore*) quella, che congiunge tut-

ti i paesi, nei quali ritrovasi la stessa temperatura annua media.

7° Appellansi *zone isotermiche* le fasce racchiuse fra due linee isotermiche.

8° Da *ἴσος uguale* e *χειμών inverno* è stata chiamata *linea isochìmena* quella che passa per i punti, i quali posseggono le stesse medie invernali; e *zona isochìmena* la fascia racchiusa fra due di esse.

9° È detta *linea isòtera* quella condotta per i siti, che ànno il medesimo calore estivo; e *zona isòtera* ogni fascia, limitata da due di tali linee; nomi presi da *ἴσος* e *θέρος estate*.

III. ALTRI SCOLII. 1° La distribuzione del calore sulla superficie del globo non va di pari passo colle latitudini; anzi, secondo le ricerche di Humboldt, le linee isotermiche non conservano il parallelismo fra loro e coll'equatore che in vicinanza della zona torrida. Al di là del trentesimo parallelo queste curve si rialzano verso i poli; e nell'emisfero boreale esse ànno due inflessioni, la convessità di una delle quali è offerta sopra l'Europa occidentale, e quella dell'altra sul fianco occidentale d'America; la concavità poi ritrovasi da una parte in Asia, e dall'altra nel lato orientale di America.

2° I moderni sogliono dividere la superficie del globo in sette zone isotermiche o climi: I. la *zona torrida*, o *equatoriale* o *cocente*, nella quale domina la temperatura media da 30° C.° a 25°; II. la zona *calda*, ove il calore medio sta fra i 25° ed i 20°; III. la *dolce*, che à temperatura frapposta ai 20° ed ai 15°; IV. la *temperata*, nella quale discende dai 15° fino ai 10°; V. la *fredda*, che l'à fra i 10° ed i 5°; VI. la *freddissima*, che oscilla fra 5° e 0°; VII. la *glaciale*, in cui va sotto zero. Lo Spitzberg, che à latitudine 80°, e la temperatura media — 23°, è nel settimo clima; Pietroburgo alla latitudine 60° l'à di 3°, e però sta nel sesto; Londra e Parigi, alle latitudini 51 e 49, con temperatura di poco superiore ai 10°, stanno nel quarto; nel quarto sta anche Torino, che è alto 278 metri, à latitudine 45°, temperatura massima 37°, minima — 18°, media 12°; Roma alla

latitudine 41°,53',54'', alta 51 metri, e la cui temperatura massima è 38°, minima — 6, media 15°,5 sta tra il quarto o temperato, ed il quinto ossia dolce; e di poco ne differiscono Firenze e Napoli.

3° Tutto il presente Articolo aggiunge una nuova conferma a quello, di che forse ci eravamo accorti nella Sezione Prima; che cioè non è possibile determinare cosa alcuna sulla figura, situazione, e moto del globo terrestre; anzi non possiamo neppure precisare il sito, in cui noi medesimi ci ritroviamo, senza la cognizione del Cielo. Non dee quindi sembrare strano che i progressi della Nautica (come si è accennato nella Introduzione) sieno legati alle cognizioni dell'Astronomia.

4° Ma se questo è vero nelle cose fisiche, lo è a più forte ragione nelle cose morali. La cognizione di noi stessi, del mondo delle intelligenze, dell'arte di navigare fra i flutti delle mondane vicissitudini, e dei mezzi per essere (quanto si possa esserlo) beati su questa Terra, è tutta fondata sopra massime, che ci vengono dal Cielo e dalla Religione: e non è che ricercando primieramente il regno di Dio e la giustizia sua, che ci saran dati i veri beni di quaggiù.

ARTICOLO II.

STORIA NATURALE.

79. Nozioni preliminari di Storia Naturale. —

I. SCOLIO. Ogni persona colta conosce che tutti gli esseri direttamente sensibili, che costituiscono rivestono e cingono il nostro globo, o sono viventi e senzienti come gli animali, o solo viventi e non senzienti come le piante, o nè l'uno nè l'altro come i sassi, l'acqua, e l'aria. Ciò premesso riesce facilissima l'intelligenza delle seguenti

II. DEFINIZIONI. 1° È chiamata *Storia Naturale* quella parte di Fisica, la quale descrive i caratteri distintivi di tutti i corpi terresti, ordinandoli convenientemente in tante classi differenti.

2ª Le prime classi, nelle quali dividonsi gli esseri corporei, sono chiamate *regni*; e sono il regno *animale*, il *vegetale*, ed il *minerale*.

3ª Vien detta *Zoologia*, da ζῶον *animale*, quella parte della Storia Naturale, la quale à per oggetto gli animali; *Botanica* o *Fitologia*, da βοτάνη *erba*, e φυτόν *pianta*, quella, che studia l'erbe e le piante; e *Mineralogia* la parte, che tratta degli esseri non viventi.

4ª Gli animali ed i vegetali si comprendono sotto l'appellazione comune di *esseri viventi*, o *organici*, od *organizzati*: perchè nascono, crescono, muoiono; ed ànno parti chiamate *organi*, cioè destinate a compire un officio, o (come i Naturalisti dicono) una *funzione*.

5ª Al contrario gli esseri non viventi sono privi di organi, ed in gran parte costituiscono le miniere; e però sono chiamate *inorganici*, e *minerali*.

6ª Oltre gli animali ed i vegetali, che vivono a' nostri giorni, ve n'à di quelli che si sono perduti, e dei quali non si possono studiare che gli avanzi, o le impronte che ànno lasciate nelle pietre. Tali resti ed impronte diconsi *fossili*, *petrefatti*, *petrificazioni*; ed il loro studio è denominato *paleontologia*, da παλαῖος *antico*, ed ον, ὄντος *essere*.

7ª Le sostanze, che in maggior quantità formano la corteccia della Terra, ànno il nome di *rocce*.

8ª Da γῆ *Terra* e λόγος *discorso*, appellasi *Geologia* la scienza, che stabilisce quali sostanze costituiscano le rocce, ed il modo, ond'esse trovansi disposte e si sono formate e collocate dapprima.

9ª Si addimanda *Geognosia* da γνῶσις *cognizione*, e γῆ *Terra* quella parte della Geologia, nella quale si studiano la distribuzione ed i reciproci rapporti delle sostanze minerali, che formano la Terra.

10ª E da γῆ e γένεσις *generazione* riceve l'appellazione di *Geogerna* la storia della prima formazione del globo, o delle alterazioni, alle quali questo soggiacque.

80. Notizie intorno agli animali. — Principieremo dall'esporre qui intorno agli animali alcune poche notizie, le quali non possono essere ignorate da una persona colta.

I. DEFINIZIONI. 1ª Quella quasi intelaiatura soda del corpo umano, che serve a sostenerlo, a dargli la fòrma generale, ed a proteggere i visceri in acconce cavità, è detta *scheletro*.

2ª Ogni pezzo dello scheletro chiamasi *osso*.

3ª È detto *periòstio* o *periòsteo* da *περί* *intorno* ed *ὀστέον* *osso* la membrana, che copre tutte le ossa.

4ª È chiamata *midollo* quella sostanza molle che nelle ossa voluminose riempie l'interno, il quale a differenza della superficie in tali ossa suol essere assai poroso.

5ª L'unione di un osso con un altro dicesi *articolazione*.

6ª È detta *cartilagine* la membrana elastica e sempre bagnata, che ricopre le due parti arrotondate delle ossa, che debbon muoversi l'una sull'altra.

7ª Quelle pellicole tenacissime, o fili assai robusti, bianchi ed elastici, che mantengono unite le ossa, sono chiamati *ligamenti*.

8ª *Nervi* son detti i filamenti bianchi, composti di una sostanza molle, che si diramano per tutto il corpo. Il volgo chiama *nervi* le cartilagini, i ligamenti e simili parti che cotte e calde sono molli, ed induriscono raffreddandosi.

9ª Tutte le ossa sono ricoperte più o meno da una sostanza morbida chiamata *carne*.

10ª La carne si divide in tante masse diverse, che si addimandano *muscoli*, e sono formati di fili o fibre sottilissime che durante la vita possono raccorciarsi od allungarsi.

11ª I muscoli si attaccano per lo più alle ossa per mezzo di certi cordoni biancastri e fortissimi appellati *tendini*, o di certe membrane consimili dette *apoleuròsi*.

12ª Tutti sanno che cosa sia il *capo* o la *testa*, il *collo*, le *spalle*, le *braccia*, il *gomito*, le *mani*, le *gambe*. Or bène: diconsi *estremità* le braccia e le gambe; e le prime anche *arti* o *membra superiori*, *arti* o *membrá inferiori* le seconde.

13ª La parte fra la spalla ed il gomito si chiama *braccio*, quella dal gomito alla mano *avambraccio* od *antibraccio*.

14ª Chiamasi *tronco* o *torso* la parte che per mezzo del collo sostiene il capo, e si unisce lateralmente e in basso colle estremità.

Fig. 75. — Sistema arterioso dell'uomo.

15° Tutti pure conoscono la *fronte*, le *orecchie*, gli *occhi*. Ora le parti poste fra la fronte e le orecchie diconsi *tempie*, *palpèbre* quelle che cuoprono gli occhi, *sincìpite* la parte anteriore o superiore del capo, *vèrtice* la parte più elevata di questo, *occìpite* la posteriore od inferiore del medesimo.

16° La parte anteriore del collo si chiama *gola*, e *nuca* la posteriore; *laringe* o *pomo d'Adamo* il rialzo che vedesi in mezzo alla gola, *cervìce* la parte, in cui il collo si unisce posteriormente al tronco.

17° Il davanti del tronco in alto è chiamato *petto*, volgarmente *stòmaco*, e nella scienza *torace*, in basso *ventre* o *addòme*; la parte posteriore è chiamata *dorso* o *schiena*.

18° Il petto offre esteriormente le *mammelle* e sotto queste i *precordii*, e sui lati le *regioni costali*; interiormente il *cuore*, sopra e lateralmente a questo i *polmoni*.

19° Nel dorso si dicono *regioni scapolari* le spalle, *regioni costali* i lati; e più in basso *regioni lombari* quelle chiamate dal volgo *i reni*, e le più basse *nàtiche*.

20° Nell'addome all'esterno si dice *regione epigastrica* dove non si trovano più le coste, *fianchi* ai lati, *ipocondrii* sopra i fianchi medesimi, *ombelìco* nel mezzo, e *regioni iliache* o *anguinaia* alla base sopra le cosce.

21° Quanto all'interno dell'addome stesso, si dà nome di *fegato* alla parte più alta a destra, e di *milza* a quella a sinistra, di *stomaco* o *ventricolo* al mezzo, di *intestini* alla restante massa delle budella.

22° Diconsi *visceri* il cuore, i polmoni, lo stomaco, il fegato, la milza, le budella e le altre parti annesse.

23° *Cosce* vengon chiamate le due parti delle membra inferiori, che fanno sèguito ai fianchi, e terminano al ginocchio.

24° *Gamba* è il pezzo che viene sotto il ginocchio, di cui la parte anteriore nuda di carne si chiama *stinco*, e *polpa* la carne che ne guarnisce la parte posteriore.

25° Le parti posteriori dei ginocchi diconsi *pòpliti*, *corda magna* o *tendine d'Achille* il grosso cordone che sta sopra i calcagni, e *mollèoli* gli ingrossamenti ossei ai lati dell'unione della gamba e del piede.

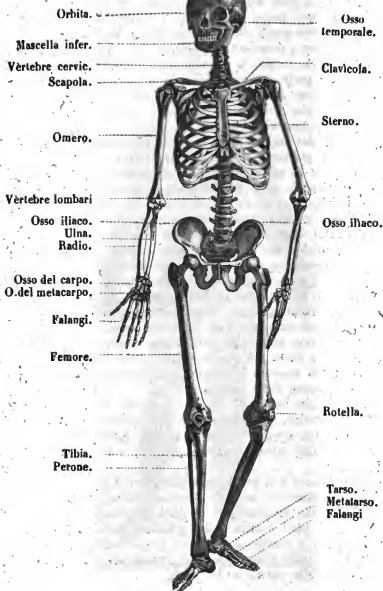



Fig. 76. — Scheletro umano.

26° Venendo allo scheletro, quello della testa si distingue in *cranio* e *faccia*; e le ossa, ond' è composto, ricevono per lo più il nome della parte a cui corrispondono, dicendosi: *osso frontale, temporale, mascellare* (fig. 76.).

27° Discende dal cranio una lunga serie di piccole ossa dette *vèrtebre* fatte ad anello, le quali formano quasi un canale osseo alquanto pieghevole, che chiamasi *colonna vertebrale* o *spina dorsale*.

28° La porzione di sette vertebre, che sta nel collo, dicesi *cervicale*; *torsale* o *toràcica* l'altra alla parte superiore del dorso di 12 vertebre sostenenti le coste; *lombare* la seguente di 5 vertebre libere; *sacrale* quella che viene appresso di altre 5 vertebre saldate insieme; *caudale* o *coccìgea* l'ultima.

29° La parte sacrale forma un solo osso saldato esso pure alle ossa dei fianchi, e denominato *sacro*.

30° Partono da ogni lato delle vertebre dorsali 12 così dette *coste* o *costole* fatte ad arco, che si rivolgono a congiungersi innanzi con un osso che chiamasi *sterno*. Ma le prime sette vi si uniscono direttamente, e le altre no; e però quelle son dette *vere*, e *false* le altre.

31° L'osso triangolare e piatto, che si appoggia alle coste e costituisce la spalla, è denominato *scòpula* od *omòplàto*.

32° Quello quasi diritto, che va dalla spalla allo sterno davanti alla base del collo, domandasi *clavicola*.

33° L'altro che s'appoggia alla scapula e forma il braccio, à nome *òmero*.

34° L'avambraccio risulta dal *radio*, e dal *cùbito* od *ulna*.

35° La palma della mano è formata da parecchi ossicini detti del *carpo* e del *metacarpo*.

36° Quelli che formano le dita domandansi *falangi*.

37° Quanto alle membra inferiori è detta *bacino* o *pelvi* la cintura composta di parecchie ossa, che aderisce al sacro, e serve di base al ventre innalzandosi a formare i fianchi.

38° Le ossa dei fianchi diconsi *iliache*, ed *ischiatiche* quelle, sulle quali sediamo.

39° *Femore* è detto l'osso, che si muove nella cavità chiamata *cotiloidèa*, e forma la coscia.

Fig. 77. — Sistema nervoso [1].

40ª *Ròtula* o *rotella* quello che sta sul davanti del ginocchio.

41ª *Tibia*, e *fibula* o *peronèo* o *perone* (da περόνη *fibbia*) quelli, che costituiscono la gamba.

42ª *Tarso* e *metatarso* i costituenti il calcagno e la pianta del piede.

43ª Nei denti la parte sporgente fuori della gengiva è detta *corona*, *radice* quella che sta nascosta, e *colletto* l'intermedia.

44ª I denti sono infissi in certi fori delle mascelle, che diconsi *alvèoli*; nell'interno sono formati da *avorio*, e nella corona sono rivestiti di una vernice vitrea durissima, chiamata *smalto*.

45ª I denti collocati in mezzo alla bocca sono taglienti e detti *incisivi*; *canini* quelli fatti a punta, che stanno ai lati dei primi; e *molari* tutti gli altri a corona scabra, che vengono appresso.

46ª Fra i muscoli distinguonsi facilmente, perchè esterni e forti, il *massetère* posto nella parte posteriore della guancia, destinato a sollevare la mascella; lo *sterno-mastoidèo* che stendesi dall'orecchio alla base del collo, e serve a girare il capo; il *deltòide* sulla spalla per sollevare e tirar fuori il braccio; il *bicìpite* per avvicinare l'avambraccio al braccio; il *gran pettorale* sotto le mammelle per tirare avanti e indietro il braccio; i *gemelli* o *gastrocnemi* che formano la polpa della gamba.

47ª Il *cervello* è un viscere voluminoso, molle, quasi ovale e costituito d'una sostanza biancastra, diviso di sopra pel lungo da un solco profondo in due parti chiamate *emi-*

1 Sistema nervoso: — *a*, *cervello;* — *b*, *cervelletto;* — *c*, *midollo spinale;* — *d*, *nervo facciale;* — *e*, *plesso bracchiale* formato dalla riunione di più nervi, che provengono dal midollo spinale; — *f*, *nervo mediano del braccio;* — *g*, *nervo cubitale;* — *h*, *nervo cutaneo interno del braccio;* — *i*, *nervo radiale*, e *nervo muscolo-cutaneo del braccio;* — *j*, *nervi intercostali;* — *k*, *plesso femorale*, formato da più nervi lombari, il quale dà nascimento al *nervo crurale;*— *l*, *plesso ischiatico* donde origina il nervo principale delle membra inferiori, il quale dopo si suddivide nel *nervo tibiale* (*m*), nel *nervo peronnèo esterno* (*n*), nel *nervo safeno esterno* (*o*), ecc.

sferi, è con tutta la superficie formata di rialzi flessuosi e contornati detti *circumvoluzioni*, e che nell'interno contiene molte cavità, denominate *ventricoli* (fig. 78.).

48ª La massa nervosa più piccola sfogliata, rispondente alla parte occipitale del cranio, domandasi *cervelletto*.

49ª Quel cordone nervoso, che discende dal cervello e dal cervelletto, chiamasi *midollo allungato* o *midollo spinale* secondo che sta racchiuso nel cranio o nella spina dorsale.

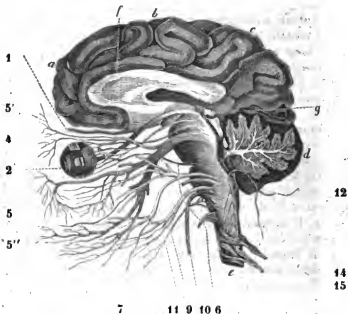



Fig. 78.— Cervello.

50ª Le 13 paia di nervi che partono dal cervello e dal midollo allungato, e le 30 che partono dal midollo spinale

1 Sezione verticale del cervello, del cervelletto e del midollo allungato: — *a, lobo anteriore;* — *b, lobo medio;* — *c, lobo posteriore;* — *d, cervelletto;* — *e, midollo spinale;* — *f,* sezione del *corpo calloso* situato al fondo della scissura che separa i due emisferi del cervello; sotto questa lamina trasversale di materia bianca, si ritrovano i *ventricoli laterali del cervello;* — *g, lobi ottici* nascosti sotto la faccia infe-

formano insieme il così detto *sistema cerebro-spinale*, che serve alle funzioni denominate *di relazione* (fig. 77.).

51ª L'apparecchio che serve a regolare le funzioni chiamate *organiche*, cioè di nutrizione e di riproduzione, è chiamato *sistema nervoso della vita organica*.

52ª Esso consiste in piccole masse nervose, dette *ganglii*, sparse nel collo, nel petto, e nell' addome, e destinate a produrre i continui moti involontarii del cuore, dello stomaco, e dell'intestino; e però dicesi anche *sistema ganglionare* o del *gran simpatico* (fig. 79.).

53ª La parte più interna e più grossa della pelle chiamasi *derma*, dal greco δέρμα *pelle*.

54ª Essa contiene le infinite ramificazioni dei nervi, che servono al tatto e le cui estremità vengon dette *papille nervee*: come pure le glandole che producono il sudore, i vasi finissimi pei quali scorre il sangue, e gli organi per formare unghie, peli, corna, ecc.

55ª È detta *epidermide* la parte esterna della pelle, che è come una vernice inorganica, atta a difenderla dai corpi esterni.

56ª Fra il derma e l'epidermide vi è una rete finissima detta *reticolo malpighiano*.

II. scolii. 1° Delle funzioni di nutrizione si terrà discorso nella Parte Seconda alla Sezione Prima (**78**.). Ivi pure si discorrerà della circolazione del sangue, e della respirazione. Nella Parte medesima alla Sezione Seconda (**5**. e **39**.) si esporrà il più necessario a sapersi intorno al senso della

riore del cervello; — 1, *nervi olfattorii*; — 2, *occhio*, nel quale viene a terminare il *nervo ottico*, di cui si può seguire la radice sui fianchi della protuberanza anulare fino ai lobi ottici. Dietro l'occhio si vede il *nervo del terzo paio*; — 4, *nervo del quarto paio*, che si distribuisce, come il precedente, ai muscoli dell'occhio; — 5, *ramo mascellare superiore del nervo del quinto paio*; — 5′, *ramo oftalmico del medesimo nervo*; — 5″, *ramo mascellare inferiore del nervo stesso*; — 6, *nervo del sesto paio* conducentesi ai muscoli dell' occhio; — 7, *nervo facciale*; sotto l'origine di questo si vede un tronco del *nervo acustico*; — 9, *nervo del nono paio*, o *nervo glosso-faringèo*; — 10, *nervo pneumogastrico*; — 11, *nervo dell'undecimo paio*, o *nervo ipoglosso*; — 12, *nervo del dodicesimo paio*, o *nervo spinale*; — 14 e 15, *nervi cervicali*.

vista. Finalmente degli organi dell'udito e della voce si

Fig. 79.[1]

[1] Questa figura rappresenta i principali nervi del collo, come pure i ganglii del gran simpatico, che si trovano nel torace e nel collo. — 1, *nervo pneumogastrico*, o *nervo cerebrale del decimo paio*, di cui i principali rami s' anastomizzano con dei filetti del *gran simpatico*, e

ragionerà nella Terza Parte (**71.**, **83.**). Qui premetteremo intanto, che i movimenti del corpo sono prodotti dalle contrazioni dei muscoli; e tali contrazioni si ritiene che vengano effettuate per l'azione dei nervi che si spargono in essi: per la ragione che la contrattibilità dei muscoli cessa appena tagliansi i nervi corrispondenti. Per altro è cosa notissima che i muscoli dei rettili conservano la vita per un certo tempo dopo levata la comunicazione col cervello: infatti la coda della lucerta si muove dopo essere stata staccata dal corpo; e le gambe mozzate delle rane scuotonsi quando vengono in qualche modo irritate. Aggiungeremo ancora che la circolazione del sangue si fa nelle arterie (fig. 75.) e nelle vene: quelle sono destinate a portare il sangue del cuore in tutte le parti del corpo, queste servono a riportarlo da ogni parte al cuore. Ciò non ostante le une e le altre anno una disposizione simile: sono numerosissime lontano dal cuore, ma a poco a poco si riuniscono per formare dei canali più grossi, i quali alla lor volta si vanno sempre più riunendo, di modo che terminano al cuore con uno o due tronchi solamente. Anzi le ultime ramificazioni delle arterie nella sostanza degli organi fanno séguito alle

si distribuiscono ai polmoni, allo stomaco; — 2, 4, continuazione del tronco del pneumogastrico; — 3, *anastomosi* del pneumogastrico col *nervo spinale*; — 5, *anastomosi* del nervo spinale col *glosso-faringeo*; — 6, 7, *rami del pneumogastrico*, i quali si portano alla laringe; — 8, *rami faringei* del pneumogastrico anastomizzati coi faringei dello spinale e del glosso-laringeo per la formazione del *plesso faringeo*; — 9, *nervo ricorrente, ramo del pneumogastrico* che si rialza dalla base del collo fino alla laringe; — 10, 11, *rami cardiaci* che si portano al cuore; — 12, *plesso cardiaco*; — 13, *plesso polmonare*; — 14, *nervo linguale*; — 15, parte terminale del *nervo grande ipoglosso*; — 16, *nervo glosso-faringiano*; — 17, *nervo spinale*; — 18, *ansa nervosa* fra il *primo* e *secondo paio cervicale* fatta dall'apofisi trasversa dell'*atlante* — 19, *terzo nervo cervicale*; — 20, *quarto paio cervicale*; — 21, *ramo anastomotico* del quarto paio cervicale che va al *quinto*, e quindi forma il *ramo frenico*; — 22, *quinto paio cervicale*; — 23, *sesto, settimo*, ed *ottavo dei nervi cervicali* che s'anastomizzano col primo nervo dorsale per formare il *plesso brachiale*; — 24, *ganglio cervicale superiore del gran simpatico*; — 25, *ganglio cervicale medio*; — 26, *ganglio cervicale inferiore*; — 27, 28, 29, 30, *ganglii dorsali*.

radice delle vene: mentre queste e quelle si congiungono insieme per mezzo di strettissimi canali, detti *capillari*, nei quali il sangue sgorga per traversare i detti organi. Vedremo nel luogo citato come avvenga la grande circolazione del cuore a tutte le parti del corpo e viceversa, e la piccola dal cuore ai polmoni, e da questi a quello: ma oltre a ciò vi è la così detta *circolazione della vena porta* od *epàtica*. La vena porta è un tronco vascolare, il quale da un lato si dirama sulle pareti del mesenterio, dell'intestino, della milza, del pancreas, e dello stomaco, e dall'altro si divide in tubetti capillari dentro al tessuto del fegato. Per la qual cosa il sangue venoso dei detti visceri si raccoglie nella vena delle porte, si reca al fegato, vi si spande, e poi per le vene che comunicano colla vena cava inferiore corre all'orecchietta destra del cuore insieme col restante del sangue venoso. Probabilmente dunque il fegato non è solamente destinato a segregare la bile, ma serve a modificare in qualche maniera il sangue.

Fig. 80.[1]

2° Passando ora a qualche particolarità relativa agli animali irragionevoli, ed utile all'intelligenza di ciò che verrà appresso, in primo luogo conviene avvertire che gli animali acquatici non ànno polmoni; ma respirano per le così dette *branchie*, volgarmente chiamate *orecchie*, le quali nei pesci sono quelle frange rosse che si vedono nelle fessure ai lati del capo. Negli insetti poi ognuno degli anelli, nei quali è diviso il lor corpo, à da ciascun lato un foro denominato *stigma*: giacchè in questi animali è l'aria, che entrando per tali fori spandesi entro minutissimi canaletti, che diconsi *trachee*, e va a cercare e vivificare il sangue.

3° La balena invece di denti à delle lamine elastiche for-

1 Testa di *blatta o scarafaggio* veduta di fronte; *a, antenne*; — *b, occhi composti*; — *c, occelli*; — *d, labbro*; — *e, mandibole*; — *f, mascelle*; — *g, linguetta*; — *h, palpi labbiali*.

male di *osso* detto appunto *di balena*, discendenti dalle pareti della mascella superiore, e servonó a trattenere i pesciolini e le lumache introdotte in bocca coll'acqua; cui poscia la balena rigetta per mezzo dei due così chiamati *sfiatatoi* formando quasi due fontane. È cogli sfiatatoi, che essa respira quando viene a galla.

4° Negli animali carnivori i denti molari prossimi ai canini sono piccoli, e poi ne viene uno storto e tagliente detto *laceratore* o *laniatore*. I serpenti velenosi poi, oltre i comuni denti acuti rivolti all' indietro, ne ànno uno, due, o tre altri per parte nella mascella superiore, che sono assai lunghi, acutissimi, scanalati ed aperti alla punta e alla base. Quest' ultima apertura comunica con un canaletto, che

Fig. 81.

va a finire con una vescichetta contenente e ad una glandola producente il veleno, cui l'animale getta nella ferita da sè fatta. Lo scorpione tiene il veleno all'estremità della coda.

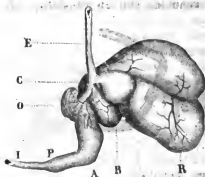
5° Alcuni insetti ànno alla bocca due appendici dette *mascelle* o *mandibole* (fig.83.), simili alle branche di una pinzetta, che operano lateralmente, non d'alto in basso, e servono ad afferrare gli alimenti solidi e triturarli. Ad alcune mascelle sono attaccati i *palpi*, che sono altre piccole appendici per toccare o prendere gli alimenti. Altri poi, che assorbono i liquidi, ànno un canale detto *tromba*, che ora è ravvolto a spira come nelle farfalle, ora sembra la proboscide dell'elefante, come avviene nelle mosche, ed ora è duro e chiuso in un astuccio, e accompagnato da pungolo. Gli scorpioni (fig.81.)

ànno due grosse zampe dette *chele*, le quali agiscono come pinzette o tanaglie.

6° Certi molluschi ànno al capo delle appendici carnose e molli, che sembrano servire al tatto, le quali volgarmente vengono dette *corna* e nella scienza *tentoni* o *tentàcoli*. Gli insetti poi ànno sulla testa delle piccole appendici sotto forma ora di filetti, ora di clava, ora di scopa, ed ora di ventaglio; le quali, a quanto sembra, debbono servire al tatto o all'udito, o ad ambidue, e fors'anche all'odorato; e sono chiamate *antenne* (fig. 84, 85, 86.).

7° In alcuni insetti è notevole la struttura degli occhi, che sono fissi, ma formati di molti piccoli occhi insieme riuniti. Leuwenhoeck à contato 8000 faccette in ciascun occhio di mosca, e Puget è giunto a discernerne più di 17000 in quello di farfalla. Tali occhi sono detti *composti*.

Fig. 82. — Stomaco del montone.

8° Nelle gambe degli insetti si osservano l'*anca*, che è articolata col torace e formata per lo più di due pezzetti grossi e corti; la *coscia* e la *gamba*; che sono i due pezzi lunghi seguenti; ed il *tarso*, che è formato di due o più pezzetti, l'ultimo dei quali porta le *unghie*. I pesci invece delle zampe ànno certe così dette *pinne*, o *natatoie*, od *alette* della forma di remi, destinate al nuoto.

9° Certi insetti (fig. 87.) ànno degli astucci duri, chiamati *èlitre* (*a*), che servon loro a coprire e difendere le ali (*b*). Il guscio o nicchio solido, in cui certi animali come le lumache e l'ostriche tengono racchiuso il corpo, è chiamato *conchiglia*. Quando questa è formata di due pezzi chiamasi *conca* od anche *bivalva*. Il tubo membranoso, che attraversa i tramezzi delle conchiglie, viene detto *sifone*. È poi denominata *mantello* quella pelle molle, nella quale i molluschi tengono rav-

volto il corpo, e la quale produce la conchiglia col trasudare della sostanza minerale, di cui è formata. Varii polipi si costruiscono un involucro scoriaceo e pietroso: e siccome questi animali vivono insieme a migliaia, però i loro involucri accumulati formano un ammasso che i Naturalisti chiamano *polipaio*. Il quale rimane quando una generazione muore, e sul quale la generazione seguente ne fabbrica di nuovi. Così i polipai, che prima erano al fondo del mare, dopo costituiscono de' banchi, quindi scogli, e finalmente isole a fior d'acqua.

10° Nei ruminanti, come la pecora, gli alimenti (fig. 82.) per la via dell'esofago (E) vanno in un gran sacco (R) detto *rùmine* o *pancione* (e negli uccelli *gozzo*), poscia vengono rimandati in bocca, masticati di nuovo, e ricacciati nell'esofago, donde passano alla seconda parte dello stomaco chiamata *retìcolo* o *berretto* (B). Qui comincia la vera digestione e prosiegue nelle altre due parti dette l'una (O) *òmaso*, *centopelle* o *libro*, e l'altra (A) *abòmaso* o *caglio*.

Fig. 83.— Carabo.

11° I pòlipi non si riproducono solamente per uova, ma anche per *gemme* o per *scissione*. Dacchè sul loro corpo ad una certa età sorge un rialzo, che a poco a poco assume la forma dell'animale intero, quindi se ne distacca e vive da sè. Anche i vermi possono talora riprodursi per gemme. Inoltre se un pòlipo si tagli in qualunque modo in due parti, ognuna di queste poco tempo dopo forma un animale perfetto. I turbellarii ancora, sebbene appartengano ad un'altra classe, cioè a quella degli anulosi, sono *scissipari*. I rettili poi, che stanno fra i vertebrati, possono riprodurre le parti del corpo, che loro vengono tagliate: le lucertole, alle quali sono stati cacciati gli occhi anche più volte, sempre li ànno rifatti.

12° Sono assai maravigliose le metamorfosi degli insetti.

Il baco da seta dapprima è molle, cilindrico, manca d' ali ed à molti piedi; allora è sotto forma di *baco* o *bruco* o *larva*. Poi fa il *bozzolo*, vi si rinchiude dentro, e cangia forma; in quello stato si denomina *ninfa* o *crisàlide*. Dipoi mette le ali, ed esce dal bozzolo sotto forma d'*insetto perfetto* o di *farfalla*, che non rosicchia più le foglie, ma assorbe alimenti liquidi. Anche le metamorfosi delle rane meritano considerazione. Dalle uova nascono piccoli animaletti senza gambe, con coda lunga, branchie per respirare nell' acqua, e con becco corneo affinchè possano cibarsi di erbe. Poscia cominciano a spuntare le gambe posteriori, quindi le anteriori. Il becco corneo cade, e le mascelle rimangono libere; la coda a poco a poco scompare, intanto si perdono le bran-

Fig. 84. — Bombice o piccola pavonia.

chie, si sviluppano i polmoni; e così l'animale diventa carnivoro, e non può più stare a lungo sott'acqua (fig. 99.).

13° Dopochè sono state trovate le uova di elminti nel sangue, nel chilo ecc. si è spiegato benissimo come possano nascere e ritrovarsi dei vermi nel cervello, nel fegato, negli occhi.

81. Prima classificazione degli animali. — Tutti gli animali vengono comunemente divisi in quattro classi dette dei *vertebrati*, *anellati*, *molluschi*, e *zoòfiti*.

I. DEFINIZIONI. 1° *Vertebrati* od *osteozoarii*, da ὄστεον *osso*, e ζωάριον *animaletto*, sono chiamati quegli animali, che ànno uno scheletro interno, come l'*uomo*, il *cavallo*, il *serpente*.

2° *Anellati*, od *anulosi*, od *entomozoarii*, da ἔντομος *tagliato*, ecc., quelli, che come le *farfalle*, ed i *vermi* sono privi di scheletro interno, ed ànno il corpo diviso in tante parti l' una dietro l' altra, che sembrano altrettanti anelli.

3° *Molluschi* o *malacozoarii* (da μαλακὸς *molle*, ecc.) vengono denominati gli animali, che sono senza scheletro interno, ànno il corpo molle, e spesso racchiuso in una conchiglia.

4° I *zoòfiti* sono quelli, che mancano di scheletro interno, ànno il corpo molle ora chiuso in un guscio ed ora no, ma sempre disposto in giro intorno ad un centro sotto forma o di una stella, o di un fiore, o del riccio di castagna; o simili. Il loro nome significa *animale-pianta*.

II. SCOLII. 1° I vertebrati distinguonsi in *allantoidiani* ed *anallantoidiani*. I primi si differenziano in I. *mammiferi*, II. *uccelli*, III. *rettili*; i secondi si dispaiano in I. *batracii*, II. *pesci*.

2° Gli anellosi si dividono in *artrodiarii* o *articolati*, ed in *vermi*. Gli articolati distinguonsi in I. *insetti*, II. *miriàpodi*, III. *aràcnidi*, IV. *crostacei*, V. *cirrìpedi*. I vermi si differenziano in I. *anellidi*, II. *turbellarii*, III. *elminti*, IV. *rotatori*.

3° I molluschi si possono ritenere separati in due, *molluschi* propriamente detti, e *molluscòidi*; quelli si spartiscono in I. *cefalòpodi*, II. *gasteròpodi*, III. *pteropodi*, IV. *conchiferi*; questi in I. *tunicati*, II. *briozoarii*.

4° I zoòfiti possono dividersi in *radiarii* o *sarcodarii*; quelli in I. *echinodermi*, II. *acalèfi*, III. *polipi*; questi in I. *infusorii* propriamenti detti, e II. *spongiarii*.

Fig.85. Posso cornuto.

III. ALTRE DEFINIZIONI. 1° Diconsi *vertebrati allantoidiani* quelli che respirano sempre con polmoni; ed *anallantoidiani* gli altri che o nella prima età o in tutta la vita respirano con branchie: da ἀλλᾶς ἀλλᾶντος *salsiccia* ed εἶδος *forma*.

2° *Mammiferi* o *poppanti* sono denominati quegli animali vertebrati che ànno il sangue caldo, e il corpo per lo più coperto di peli, ed allattano i figli.

3° *Uccelli* si addimandano gli animali a sangue caldo, che depongono uova, e sono in generale rivestiti di penne.

4° *Rettili* vengono denominati gli animali a sangue freddo, che respirano sempre con polmoni, non ànno mai la pel-

le nuda, e somigliano nelle forme alle *tartarughe*, alle *lucertole*, alla *biscie*.

5ª *Batracii* o *anfibii* diconsi altri vertebrati a sangue freddo, che nella prima età o sempre respirano con branchie, ed ànno la pelle nuda. *Anfibii* da 'αμφι' *intorno* e βίος *vita*.

6ª I *pesci* costituiscono l'ultima classe dei vertebrati, e sono animali a sangue freddo, che respirano sempre colle branchie, ànno il corpo per lo più coperto di squamme, ed invece delle zampe tengono le pinne.

7ª *Artrodiarii* o *articolati* sono chiamati quegli anellati che ànno il corpo fornito di organi articolati di locomozione, e sistema gaugliomare sviluppatissimo; e *vermi* gli anellati dotati delle proprietà opposte.

Fig.86. Capricorno delle Alpi.

8ª Sono chiamati *insetti* gli articolati della prima classe, che ànno il corpo diviso in tre parti: testa, torace, e addome, e sempre tre paia di piedi.

9ª Appellansi *miriàpodi* gli annulosi, che non ànno il torace distinto dall'addome, e contano ventiquattro o più paia di piedi.

10ª Vengon detti *aràcnidi* gli annulosi, che ànno quattro paia di piedi e la testa non distinta dal torace.

11ª Il nome di *crostàcei* è stato imposto a quegli annulosi, che ànno cinque o sette paia di piedi, ed appendici articolate a ciascuna delle tre parti del corpo.

12ª Dimandansi *cirrìpedi* altri annulosi, che ànno membra articolate, ma inette alla traslazione e sono rinchiusi in una conchiglia formata di varii pezzi.

13ª Portano il nome distintivo di *anellidi* o *veri vermi* quelli, il corpo dei quali è diviso in numerosi e distinti anelli e manca di piedi.

14ª La denominazione di *turbellarii* è stata imposta a quelli, nei quali le divisioni in anelli sono quasi impercettibili,

ed il corpo è coperto di cigli vibratili, cioè di filamenti piccolissimi, che velocemente si muovono.

15ª Si chiamano *elminti* od *entozòi* i vermi intestinali, mancanti di piedi e viventi dentro altri animali (*ascàridi*, i più comuni nei fanciulli, *tenie* e *botriocefali* o *vermi solitarii*).

16ª Sono detti *rotatori* o *sistòlidi* gli annulosi dell'ultima classe, i quali stanno nelle acque stagnanti, o fra i muschi dei tetti, sono visibili solo con lente, ed ànno alla parte anteriore del corpo dei cigli che si muovono continuamente.

17ª I *molluschi* in senso ristretto sono quelli, che ànno il sistema nervoso composto di più ganglii riuniti con cordoni midollari; e generazione ovipara. *Molluscoidi* quelli che ànno il sistema nervoso rudimentale o nullo, e che si riproducono tanto per uova che per gemme.

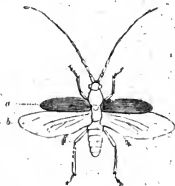
Fig. 87. Cerambice.

18ª *Cefalòpodi* sono chiamati i molluschi, che ànno il capo distinto e circondato da una corona di tentacoli.

19ª *Gasteròpodi* è il nome dell'altra classe di molluschi, che ànno il capo distinto, e sotto al ventre, per camminare o nuotare, un allargamento del mantello. Se ne trovano numerosissimi allo stato fossile.

20ª *Pteròpodi* vengono denominati i molluschi col capo distinto, o con due alette o pinne alle parte anteriore del corpo. Formano pochi generi (*clio*, *ialee*, *cimbulie*).

21ª *Conchiferi*, o *acefali* o *lamellibranchi* sono i nomi imposti all'ultima classe dei molluschi, la quale è senza capo distinto; ma con tentoni e conchiglia. A questa classe appartengono le *terebràtule* (fig. 89, 90.) vive o fossili, e le *ippuriti* fossili, che da alcuni si distinguono in una classe detta dei *brachiòpodi*.

22ª I *tunicati* sono molluscoidi marini senza conchiglia e

con organizzazione poco complicata (*bifare* o *salpe* che spesso mandano luce fosforica, ed *ascìdie* (fig. 88.) fisse e coperte di un inviluppo coriaceo).

23° I *briozoarii* furono già confusi coi polipi per l'inviluppo, nel quale stanno racchiusi a migliaia; ma ne diversificano per l'intestino ben distinto dallo stomaco, e due aperture divise per la bocca e per l'ano (*èscare*, *cellèpore*, *retèpore*).

24° *Radiarii* o *radiati* che ànno disposizione radiata ben distinta, e quasi sempre appendici prensili o tentacoli intorno alla bocca: *sarcodarii* o *protozòi* si dicono i zoòfiti più globulosi che raggiati, che sono quasi sempre senza appendici prensili, e soggetti a metamorfosi.

25° Sono detti *echinodermi* i raggiati racchiusi in un involucro coriaceo, o colle parti formanti in giro quasi cinque raggi. Sono essi ordinariamente liberi, nuotano pochissimo, e si muovono per le appendici sottili che escono dall'inviluppo, e per le punte solide infisse sull'inviluppo stesso. Abbondanti e di molta importanza sono gli echinodermi fossili (*ananchiti*, *spatanghi* simili ai ricci di mare, *crinòidi*, che somigliano ad alberi con rami finissimi).

Fig. 88.[1]

26° Gli *acalèfi* nuotano nel mare, sono molli, gelatinosi, di struttura assai semplice, con parti poco distinte, e stomaco di una sola apertura destinata all'ingresso degli alimenti, e all'esito delle fecce.

27° La terza ed ultima classe dei zoòfiti radiarii, cioè i *pòlipi*, sono tutti quegli animali, che ànno il corpo cilindrico, molle, formato come un sacco col lembo dell'apertura fornita di filamenti mobili, e colla parte opposta all'apertu-

1 *Ascidie sociali: a, ano; — b, bocca; — e, stomaco; — i, intestini; — t, asta comune.* Le frecce indicano la direzione dell'aria per la respirazione.

ra atta a fissarsi a qualche oggetto; trasudante nella maggior parte le materie per formare l'involucro solido (fig. 94.).

28° Gli *infusorii* sono animaletti piccolissimi, che si vedono nelle acque contenenti avanzi organici.

29° Le *spugne* non offrono caratteri d'animalità che nei primi tempi di loro vita, nei quali ànno un corpo oviforme e cigli vibratili, coi quali nuotano; ma poi rassomigliano più a vegetali informi che ad animali ordinarii.

82. Suddivisioni degli animali. — Verremo esponendo ora i nomi e le particolarità più rilevanti dei varii ordini, nei quali si suddividono le sopraddette classi degli animali.

I. SCOLII. 1° Principieremo dai vertebrati. I. I mammiferi

Fig. 89. Conchiglia di terebratula.

Fig. 90. Terebratula.

possono dividersi in 13 ordini; *bìmani* (ordine il quale non comprende che l'uomo), *quadrùmani*, *chiròtteri*, *insettìvori*, *carnìvori*, *pinnìpedi*, *rosicanti*, *sdentati*, *pachidermi*, *ruminanti*, *cetacei*, *marsupiali*, *monotremi*. II. Gli uccelli da Cuvier sono distribuiti in 6 ordini: *rapaci*, *passeràcei*, *arrampicatori*, *gallinàcei*, *trampolieri*, *palmìpedi*. III. I rettili vengono separati in 4 ordini: *chelonii*, *saurii*, *ofidii*, e *sauroidi*. IV. Gli anfibii in *anùri* ed *urodèli*. V. I pesci sogliono distribuirsi in 9 ordini: *acantotterìgi*, *malacotterìgi addominali*, *malacotterìgi subbranchii*, *malacotterìgi àpodi*, *lofobranchi*, *plettognati*, *sturiònidi*, *selecii*, *ciclòstomi*. I pesci fossili sono stati classificati in *placòidi*, *ganòidi*, *ciclòidi*, *ctenòidi*, *pleuronettòidi*.

2° Veniamo ora agli articolati. I. Gli insetti distinguonsi

in *coleòtteri*, *ortòtteri*, *neuròtteri*, *imenòtteri*, *emìtteri*, *lepidòtteri*, *ditteri*, *atteri*, *tisanuri*. II. I miriapodi in *iuli*, *glòmeri*, e *scolopendre*. III. Gli aracnidi, in *polmonati*, e *tracheati*. IV. I crostacei in *masticatori* (fra i quali i più numerosi sono i *decàpodi*), *succiatori*, *zifosuri*. V. I cirripedi in *anatife* e *balani*. VI. Gli anellidi in *marini*, *d'acqua dolce*, e *terrestri*. VII. Fra i rotatori sono stati distinti i *rotiferi* (fig. 93.).

3° Passiamo ai molluschi I. I cefalopodi si distinguono in *dibranchiati*, e *tetrabranchiati*. II. I gasteropodi in *polmonati*, *pettinibranchi*, *eterobranchi*, *eteròpodi*. III. I conchiferi in *inclusi*, *dimiarii*, *monomiarii*.

4° Diciamo ora dei zoòfiti. I. Gli echinodermi dividonsi in *elmintodermi*, *artrodermi*. II. Tra i principali acalèfi sono le *meduse*. III. I polipi si distribuiscono in *zoantarii*, *alcionarii*, *idrarii*. IV. Gli infusorii possono distribuirsi in *vorticelle*, *enchèlidi*, e *monadi*. Quelli che separano tali animali dai zoòfiti sotto nome di *protozoi*, vi aggiungono certi altri animaletti microscopici formandone la classe dei *rizòpodi*.

Fig. 91. Pipistrello orecchiuto.

II. DEFINIZIONI. 1ª Diconsi *bìmani* gli animali, che ànno due mani e due piedi.

2ª *Quadrùmani* si chiamano i mammiferi, che ànno altre due mani al posto dei piedi, come le *scimmie*, l'*orango*, il *macaco*, la *bertuccia*, i *babbuini*, i *mandrilli*.

3ª *Chiròtteri*, *volitanti*, *velimani* quelli, che ànno (fig. 91.) due membrane stese a guisa di ali fra le dita assai allungate delle mani, e fra queste ed il corpo, non che fra il corpo e le gambe: come i *pipistrelli*.

4ª *Insettivori* quelli, che ànno statura piccola, naso prolungato innanzi, denti molari numerosi colla corona a punte acute; servano d'esempio la *talpa*, il *toporagno*, ed il *riccio*.

5ª *Carnìvori* o *fiere* quelli di statura non piccola, muso

breve, denti, artigli, e muscoli robusti, denti canini assai grandi, e molari taglienti: ad esempio *orso*, *tasso*, *mustela*, *dònnola*, *ermellino*, *màrtora*, *zibellino*, *faina*, *lontra* (fig. 95.), *cane*, *lupo*, *volpe*, *leone*, *tigre*, *pantera*, *leopardo*, *gatto*, *iena*, ed il fossile *orso delle caverne*.

6ª *Pinnìpedi anfibii*, o *palmìpedi* quelli, che ànno molti caratteri dei carnivori, ma il corpo a guisa di pesce, e le quattro zampe in forma di remi, come le *foche* o *vitelli marini* (fig. 92.).

7ª *Rosicanti* i mancanti di canini e cogli incisivi assai sviluppati: *lepri*, *topi*, *scoiattoli* (fig. 96.), *ghiri*, *marmotte*, *castori*, *conigli*, *istrici*, *cavie* o *porcellini d'India*.

8ª *Sdentati* o *bruti* sforniti di denti o solo degli incisivi; animali singolari del nuovo continente detti *pigri*, *ar-*

Fig. 92. Foca.

madilli, *formichieri*; i fossili *megaterio*, alto più di due metri e lungo più di quattro, e *milodone*.

9ª *Pachidermi* quelli di statura grande, con dita racchiuse in uno o più di due unghioni, di pelle grossa, senza corna, e per lo più con incisivi superiori: *elefanti*, *rinoceronti*, *ippopòtami*, *porci*, *cignali*, *cavalli*, *asini*, *muli*, e i fossili *mastodonti*

10ª *Ruminanti*, che ànno corna, stomaco assai complicato, piedi con due unghioni, e mancano di denti incisivi superiori: *cammello*, *dromedario*, *lama*, *muschio*, *giraffa*, *camoscio*, *pecora*, *capra*, *bove*, *bisonte*, *cervo*, *daino*, *capriolo*.

11ª *Cetàcei*, che ànno forma di pesce con due sole zampe anteriori in guisa di remi, coda o natatoia piatta ed orizzontale: *delfino* e *balena*.

12ª *Marsupiali* quelli, che nascono imperfetti e dopo nati rimangono per qualche tempo in una borsa, che sta attaccata per due ossa sopranumerarie al ventre della madre; *tilacini*, *dasiuri*, *sarighe* (fig.97.), *fanlangiste*, *petàuri*.

13ª *Monotremi*, che pure nascono imperfetti ed ànno bisogno, come i marsupiali di rimanere attaccati per un tempo alla madre, e somigliano molto agli uccelli ed ai rettili; *ornitorinco*, ed *echidna*.

14ª Diconsi *uccelli da preda*, o *rapaci*, o *accipitri* quelli che ànno becco ed artigli molto robusti: fra i diurni, *avoltoi*, *falchi*, *aquile*, *sparvieri*, *nibbii*; fra i notturni, *gufi*, *barbagianni*, *civette*.

15ª *Passeràcei* o *silvani* tutti quelli (e sono in gran numero), che non appartengono a verun altro ordine: *tordi*, *merli*, *pìspole*, *beccafichi*, *usignuolo*, *capinero*, *rondini*, *ron-*

Fig. 93. Rotifero.

doni, *allodole*, *passerini*, *fringuelli*, *cardellini*; *fanelli*, *storni*, *corvi*, *gazze*.

16ª *Arrampicatori* quelli con due dita dirette in avanti, e due o sempre o quando occorre (col portarvi uno degli anteriori) all'indietro: *tucani*, *pappagalli*, *cùculi*, *indicatori*, *picchii*, *torcicolli*.

17ª *Gallinàcei* o *razzolatori* con corpo pesante, becco mediocre, ali corte, granivori, e soliti a rimanere a terra, dove grattano coi piedi, con gozzo ben distinto e ventriglio fortissimo: *piccioni*, *colombe*, *tortore*, *tacchini*, *pavoni*, *fagiani*, *galli*, *galline*, *pernici*, *quaglie*.

18ª *Trampolieri* o *gralle* quelli con gambe molto alte, e tibie nude almeno inferiormente: *struzzi*, *starde*, *galline prataiole*, *pivieri*, *beccacce* e *beccaccini*, *ibi*, *grù*, *cicogne*, *ralli*, *fiammanti* (fig.98.).

19ª *Palmìpedi* od *acquatici* uccelli con corpo grosso, gambe corte e poste indietro, penne fitte, dita congiunte alme-

no in parte con una membrana: *fòlaghe, tuffetti, mormoni, gabbiani, pellicani, anitre, cigni, oche.*

20ª *Chelonoii* (da χελώνη che vuol dire *tartarughe*) o *testuggini* diconsi i rettili facilmente riconoscibili per la scatola ossea, in cui sta racchiuso il loro corpo.

21ª *Sàurii* (da σαῦρος che significa *lucertole*) sono chiamati i rettili senza guscio, con due o quattro gambe il più delle volte visibili: *coccodrilli, lucerte, camaleonti, basilisco, drago* rettile alato (fig.**101**.), *gechi*, che a Napoli chiamansi *tarantole*, i fossili *ittiosàuri* simili al marsovino (che è un mammifero cetaceo), *plesiosàuri* con collo lunghissimo, e zampe grandi a natatoia, marini e carnivori, *pterodàttili* rettili singolari simili ai pipistrelli.

22ª *Ofidii* (ὄφις *serpenti*) sono quelli che ànno corpo lunghissimo, ordinariamente cilindrico, senza piedi, e con denti: fra gli innocui, *boa*, *pitoni*, *colubri*; fra i velenosi *naie*, o *aspidi*, *cròtali* o *serpenti a sonaglio*, *surucucù*, *vipere*.

Fig. 94. Idra o polipo d'acqua dolce.

23ª *Anuri* sono il primo ordine degli anfibii, cioè quelli senza coda (α *senza*, οὐρα' *coda*): *rane, ile, rospi.*

24ª *Urodèli* (da *coda* e δῆλος *manifesto*) sono detti gli anfibii o batracii con poca coda: *salamandre, tritoni, sirene, protei.*

25ª *Sauroidi* sono animali da taluni collocati fra i pesci, ma molto affini ai rettili; dacchè ànno nello stesso tempo branchie e polmoni, natatoie poco apparenti, e corpo squamoso: *lepidosirene, protòpteri.*

26ª *Acantotterìgi* (da ἄκανθα *spina*, πτέρυξ πτερυγος *pinna*) pesci con scheletro e raggi della pinna dorsale ossei: *pescepersico, spìgole, triglie, capogrossi, cefali, tonni, pescespada.*

27ª *Malacotterìgi addominali* con scheletro osseo, raggi dorsali molli, penne ventrali all'indietro sotto l'addome; *carpione, barbio, tinca, lasca, triotti, lucci, siluri, salmoni, trotte; cheppie (aringhe, sardelle, acciughe).*

28° *Malacotterìgi subbranchii* o *pettorali* come i superiori, ma pinne ventrali sotto le pettorali: *merlucci o merluzzi, rèmora, pleuronetti* o *pesci piani* (*sfoglie, rombi*).

29° *Malacotterìgi àpodi* o *pesci anguilliformi* come sopra, ma senza pinne ventrali: *anguilla volgare, murene, gimnoti.*

30° *Lofobranchi* (da λο'φος *cresta*, βρα'γχιον *branchia*) con scheletro osseo, branchie a pennello, corpo con pelle secca ed angolosa: *aghi, ippocampi* o *cavalli marini.*

31° *Plettognati* scheletro osseo, mascella superiore saldata col cranio, corpo coperto di corazza: *diodonti, baliste.*

32° *Sturionidi* o *ganoidi* con scheletro cartilaginoso, un solo orifizio branchiale per lato, lobo superiore della coda prolungato più dell'inferiore: *storione, spatularie, chimere.*

Fig. 95. Lontra.

33° *Selacii*, scheletro cartilaginoso, più aperture branchiali per lato, mascella inferiore mobile: *razze, torpedini, pesce-sega, pescecane, martelli.*

34° *Succiatori* o *ciclostomi*, scheletro cartilaginoso, bocca circolare ed atta a succhiare: *lamprede, missine.*

35° *Placòidi* o *condrotterìgi* sono chiamati i pesci fossili, che ànno la pelle nuda o ricoperta di grandi piastre ossee, o granulazioni dure, e scheletro cartilaginoso: *raie, pesce-spada, squali* (di questi sono denti le *lingue fossili*).

36° *Ganòidi* (da γα'νος *splendore*) chiamansi i pesci fossili coperti di squame lucenti, quadrangolari, unite con una specie di uncino e formate di due strati, uno osseo inferiore, ed uno di smalto superiore: *sturione, diodonti, singnati, còfani.*

37ª *Ciclòidi* i pesci fossili con squame semplici senza smalto, lembo posteriore semplice o liscio e tondeggiante, e sulla superficie rilievi e disegni svariati: *anguille, cheppie, lucci, ciprini, scòmberi.*

38ª *Ctenòidi* i pesci fossili che ànno il lembo posteriore dentellato o a pettine, e tutta la superficie aspra al tatto: *mùgili, soffietti, caponi, gobii, perche.*

39ª *Pleuronettòidi* i pesci fossili, che non sono simmetrici, cioè mostrano tutte le parti come disposte in un piano, ed ambidue gli occhi da una parte: *rombi* del monte Bolca.

40ª *Coleotteri* diconsi gli insetti con due èlitre, e sotto a queste due ali trasparenti e membranose ripiegate per traverso: serva d'esempio il *cervo volante*, gli *scarabei*, non che le *carrughe* o *melolonte*, e le *cetònie* o *vacchette dorate*, cui i ragazzi fanno volare tenendole per un filo legato ad una gamba, le *lùcciole*, le *cantàridi*, e il *tarlo degli abiti.*

Fig. 96. Scoiattolo.

41ª *Ortòtteri* (da *retto* e πτέρυξ *ala*) come i coleotteri, ma con ali ripiegate a ventaglio: *forbicine, scarafaggi, grilli, locuste* o *cavallette.*

42ª *Neuròtteri* con quattro ali pressochè uguali, membranose e trasparenti: *libellule* o *damigelle, formicaleoni.*

43ª *Imenotteri* con quattro ali come sopra, ma con linee rilevate dette *nervature*, che si ramificano formando delle larghe maglie: *api* o *pecchie, vespe, formiche.*

44ª *Emìtteri* con quattro ali, delle quali le due superiori per metà trasparenti e per metà simili ad elitre: *cimici, cicale, gallinsetti* o *cocciniglie.*

45ª *Lepidòtteri* o *farfalle* si chiamano gli insetti con quattro ali ricoperte di squamette simili a farina; *baco da seta, io* o *pavone di giorno, tignuole.*

46ª *Ditteri*, gli insetti di due ali membranose e trasparenti: *zanzare, mosche, estri, tafàni.*

47ª *Parassìti, àtteri,* o *succiatori* senz'ali, viventi sugli altri animali: *pulci, pidocchi, piattole*.

48ª *Tisanuri* senz'ali, abili a correre o saltare, coll'addome terminato da fili: *lepisme, poduri*.

49ª Gli *iuli*, primo ordine de' miriapodi, ànno il corpo cilindrico, lucente.

50ª I *glomeri* od *asellucci* od *ormadilli*, o *porcellini* ànno corpo breve, ovale, lucente, e toccati si avvolgono a palla.

Fig. 97. Sariga.

51ª Le *scolopendre* ànno corpo depresso e non lucente.

52ª Fra gli aracnidi i *polmonati* sono quelli, che ànno polmoni ed un apparecchio vascolare: *ragni, malmignatte, tarantole, scorpioni*.

53ª I *tracheati* respirano per mezzo di trachee come gli insetti: *falsi scorpioni* o *cheliferi, falangi, acari* e *zecche*.

54ª Quasi tutti i crostacei sono *masticatori* con bocca armata di mascelle e di mandibule atte alla masticazione: *pulci d'acqua, pidocchi della balena, àpode* (α *senza*, ποὐς ποδὸς *piede*) volgarmente *tanone, coppetta*, e i fossili *trilobìti* che viveano nei primissimi tempi della Terra.

55ª I *decàpodi* sono quel sottordine di masticatori, che à le branchie interne e cinque paia di piedi: *maie* o *ragni di mare, cancri, telfuse, paguri* o *eremiti, aragoste* o *languste, gamberi* comuni.

56ª *Succiatori* vengono denominati quelli, che vivono parassiti per lo più sui pesci.

57ª *Zifosuri* o *pecilòpodi* si domandano quelli, che ànno il corpo discoidale, munito di zampe nella parte inferiore, e terminato da coda in forma di spada: *limole*.

58ª Le *anatife* o *lèpadi* sono quei cirripedi, che attaccansi ai corpi per mezzo di un peduncolo mediocremente lungo.

59ª Le *balani* o *ghiande marine* si attaccano immediatamente pel guscio senza peduncolo.

60ª Gli *anellidi marini* sono quelli, che vivono in mare per lo più dentro tubi che si fabbricano da sè: *nereidi*, *arenicole*, *sèrpole*.

61ª Gli *anellidi di acqua dolce* sono quelli che abitano gli stagni e i ruscelli di acque palustri: *nàiadi* e *sanguisughe*.

62ª Gli *anellidi terrestri* vivono nella terra umida, sembrano respirare per tutta la pelle, e rotti in pezzi si moltiplicano: *lòmbrico*.

Fig. 98. Fiammante.

63ª *Rotiferi* sono anulosi che trovansi nei muschii dei tetti, asciugati rimangono come sabbia per anni; ma coll'acqua ritornano in vita.

64ª *Dibranchiati* o *acetabuliferi* diconsi i cefalopodi del primo ordine, i quali ànno due branchie e molte ventose alla superficie dei tentoni; o senza conchiglia come i *polpi*; oppure con conchiglia e questa ora esterna e senza concamerazioni (*argonauti*), ora interna costituita da una punta e da

un allargamento (*seppie, calamai*), oppure fatta a spirale, e divisa in camerette (*spìrule*).

65° *Tetrabranchiati* o *tentaculiferi*, o *sifoniferi* con conchiglia esterna divisa in tramezzi forati e attraversati da un *sifone* membranoso e comunicante con un serbatoio di liquido, che sta presso al cuore dell' animale: *nautili*, ed i fossili detti *ammonìti*.

66° I *gasteropodi polmonati* ànno piede atto a strisciare, conchiglia sottile, e simmetrica; o terrestri cogli occhi all'apice dei tentacoli: *lumaconi senza conchiglia*, *lumache*, o d'acqua dolce, cogli occhi alla base dei tentacoli: *auricule*.

67° *Pettinibranchi* con piede da strisciare, branchie a forma di pettine e nascoste, conchiglia spessa, quasi mai sim-

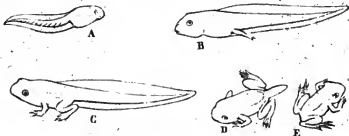



Fig. 99. Metamorfosi delle rane.

metrica, marini: *trocoidi* d' acqua dolce e marini, *buccinoidi, angiòstomi, involùti, capulòidi*.

68° *Eterobranchi* tutti quelli che non appartengono a verun altro ordine.

69° *Eteròpodi* o *nucleobranchi* col piede compresso ed atto al nuoto, conchiglia sottile, fragile, a spirale.

70° Gli *inclusi* ànno conchiglia non del tutto chiusa, mantello aperto avanti per lasciare uscire il piede, e prolungato indietro per inviluppare i due sifoni: *terèdini*, *fòladi*.

71° *Dimiarii* od *ortoconchi*, conchiglia regolare, equivalva, di cui ogni valva à due impressioni muscolari molto distinte: *miàcidi, cardiàcei, ostracei dimiarii, conchiglia de' pittori*.

72° *Monomiarii* o *pleuroconchi*, conchiglia fissa ai corpi

sottomarini, valve disuguali, con una sola impressione muscolare: *ostriche, pettini, lime, martelli.*

73ª Fra i zoofiti echinodermi gli *elmintodermi* ànno la cute molle, e poche particelle dure sparse nei tegumenti, ora somigliano ai lumaconi, ora ai vermi, e vivono in gran numero in mare fra gli scogli ed i coralli: *oluturie.*

74ª Gli *artrodermi* poi sono i veri echinodermi, avendo la pelle indurita o ricoperta di un inviluppo coriaceo formato di varii pezzi: *riccio di mare, asteridi* o *stelle di mare.*

75ª I principali zoofiti acalèfi sono le *meduse,* od *ortiche di mare,* che sembrano funghi od ombrelli, da cui pendano numerosi filamenti. Alcune mandano di notte una viva luce, e talora si trovano in mare in grandi frotte.

76ª I *zoantarii,* primo ordine dei zoòfiti polipi, sono quelli che ànno gran numero di tentacoli attorno alla bocca: *attinie* o *anemoni di mare.*

Fig. 100.[1]

77ª Gli *alciònidi* o *alcionarii* ànno tentacoli attorno alla bocca, e fabbricano polipai, nei quali le celle non sono raggiate: *corallo.*

78ª Gli *idrarii* ànno attorno alla bocca una corona di tentacoli filiformi: *idre* (fig. 94.).

79ª Le *vorticelle* o *stèntori* o *urceolarie* ànno il corpo in forma di campana, e girano continuamente come una ruota.

1 Diversi infusòrii poligastrici, quali veggonsi col microscopio: — I, monadi; — II, trachelia anasse; — III, enchelide nel momento che rigetta la fecce; — IV, paramecie; — V, colpodi; VI, trachelia fasciolare, che cammina su vegetali microscopici.

80ª Le *enchelidi* ànno corpo allungato, come un pezzett nastro.

81ª Le *monadi* sembrano piccoli palloncini che vanno razzando velocissimamente per l'acqua.

82ª I *rizòpodi* già detti *foraminiferi* o *politalamici*, per lo più racchiusi in conchiglie piccolissime, e divise un gran numero di camerette, non mostrano distinzion parti e formano grandi depositi al fondo del mare, e p ficati grandi ammassi di rocce. Le più comuni conchigl questo genere sono le *nummùliti*, e le *farine fossili*; quali sono composti quasi tutti i tripoli.

II. ALTRI SCOLII. 1° Si avverta che sebbene i bimani gliansi distinguere in 4 razze o varietà: *caucàsea* o *bia*

Fig. 101. Dragone.

mongolla o *gialla*, *etiòpica* o *nera*, *americana* o *color d me;* queste razze ànno la stessa origine: perchè i discend degli Europei emigrati giù in Asia sono diventati neri.

2° È notevole il corno, che portano sul naso i rinocer e negli elefanti la così detta *probòscide*, naso molto a gato e mobile, che serve loro di mano. I cammelli son mosi per le loro gobbe, pel resistere che fanno lungam alla fame e alla sete nei lunghi viaggi attraverso i de d'Africa, e per la borsa piena d'acqua potabile, cui te no nell'addome, e cui possono fare uscire a volontà col mere, come da noi farebbesi con una sponga.

3° La balena (fig. 102.), cui il volgo erroneamente c pesce, à sul cranio una grande cavità ripiena di grasso c

bianco di balena, o *spermaceti*. Essa à dimensioni assai grandi; giacchè può giungere alla lunghezza di 10 metri, e pesare ben 8000 libbre. Anche i coccodrilli possono giungere a 10 metri, benchè nascano da uova così piccole come quelle d'oca.

4° La nostra *nòttola* fra i chirotteri è utile per la caccia che fa di notte agli insetti; ma il *vampìro* d' Amèrica può essere incomodo assai: perchè succhia come una sanguisuga il sangue anche all'uomo che dorme.

5° Le emigrazioni dei pesci non sono così note, come quelle degli uccelli, e di certi mammiferi specialmente rosicanti. Eppure anch'essi uniti in ammassi grandissimi intraprendono periodicamente lunghi viaggi. In certe stagioni alcuni

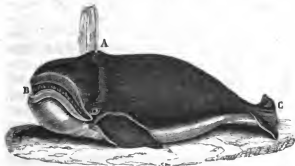



Fig. 102. Balena.

vanno dal mare nei fiumi contr' acqua; altri viceversa: v' à di quelli che sempre nelle stesse epoche e per la stessa via cangiano stanza nello stesso fiume, lago, o mare.

6° I castori di America e specialmente quelli del Canadà in estate vivono isolati in tane sotterranee, ma nell'inverno si riuniscono in due o tre centinaia in prossimità di un lago o di un fiume, v' innalzano una forte diga con rami di alberi intrecciati fra loro, riempiendone gli intervalli con fango e pietre; e poi si separano in famiglie, e costruiscono le loro capanne. Queste ànno una forma ovale, sono lunghe dai 2 ai 3 metri, e distribuite in due piani; l'uno inferiore e sempre sott'acqua, ad uso di magazzino delle scor-

ze d'alberi, onde fanno il loro pasto, l'altro superiore per loro abitazione.

Fig. 103.

7ª È una favola il fascino esercitato dai *serpenti* sugli altri animali; che la *rèmora*, attaccandosi ai bastimenti, li fermi; che il *coccodrillo* pianga la morte della sua vittima; e simili.

83. Prime nozioni di Fitologia.

I. DEFINIZIONI. 1ª Quell'insieme di cavità diverse, altre con pareti proprie, ed altre formate dagli intervalli, delle prime cavità, delle quali si trova composta ogni porzione di un vegetale, dicesi *tessuto vegetale*.

2ª Le dette cavità si chiamano *cellule* od *otricelle* (fig. 103.), *fibre* (fig. 104.), e *vasi* (fig. 107.) secondo che o ànno tutte le loro dimensioni pressochè uguali, o sono allungate ed assottigliate alle due estremità, oppure ànno la forma di tubi o canali.

3ª È chiaro ora il senso delle espressioni *tessuto cellulare* od *otricellare*, detto anche *parenchima*, *tessuto fibroso* chiamato *prosenchima*, e *tessuto vascolare*.

4ª Sono chiamate *trachee* o *vasi spirali* quei vasi, i quali (fig. 106.) nell'interno della membrana che li costituisce sono rivestite da un filo esilissimo ravvolto a spira.

5ª I vasi a pareti semplici, nei quali circola il succo proprio della pianta detto *làtice* (*latex*) sono denominati *vasi laticiferi* o *vasi proprii*.

6ª I vasi unendosi fra loro ed al tessuto fibroso formano le così dette *fibre lignee*, che costituiscono la trama di tutte le parti dei vegetali.

Fig. 104.

7ª È chiamato *epidermide* il tessuto composto soltanto di cellule, che comunemente riveste quasi tutte le parti dei vegetali.

8ª L'epidermide si divide in due parti; uno strato esterno detto *cuticola*, ed un altro interno formato da uno o più strati di cellule sovrapposti e saldati con forza, e costituenti così una membrana assai resistente, che è il *derma* o l'*epidermide* propriamente detta.

9ª Si domandano *stomi*, da *στόμα bocca*, le piccole fessure, o aperture ovuli oblunghe dell'epidermide.

10ª La cellula o la piccola riunione di cellule, che costituisce ogni vegetale nel suo stato originario, quando cioè fa ancora parte di quello, da cui deriva, chiamasi *embrione*. Per esempio in un grano di avena (fig.105.) si scorgono due parti distinte, una grande (A) che dicesi *albume*, e l'altra piccola (*cpr*) destinata a crescere e costituire la pianta: quest'ultima è l'*embrione*.

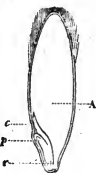



Fig. 105.

11ª Gli embrioni, che non presentano verun organo distinto pel loro nutrimento, non sono considerati come embrioni perfetti, e vengono chiamati *spore*. Per esempio le alghe nell'epoca embrionale sono altrettanti granelli microscopici appesi alla piantina, i quali poi se ne staccano, e quindi cominciando a vivere da sè germogliano, e prendono la forma della pianta, donde provengono.

12ª La parte appuntata (*r*), cui presenta un embrione perfetto, e la quale durante la germinazione si profonda nel terreno, à nome *radichetta*. L'altra parte (*p*) del medesimo, che nel tempo stesso s'innalza fuori dalla terra, ed è formata di piccoli lobi, che più tardi debbono produrre le prime foglie, dicesi *piumetta*.

Fig. 106.

13ª È detta *cotiledone*, nel seme per esempio di granturco (fig.110.), la foglietta carnosa, unica, e più sviluppata, che ricopre quel gruppo di fogliolinc piccolissime, indistinte, costituenti la piumetta. In-

vece in altre piante, per esempio nel fagiuolo (fig.108.), *cotiledone* vien denominata ciascuna delle due grandi sue porzioni ripiene di sostanza nutritiva, e racchiudenti l'embrione. Da κοτύλη *cavità, vaso* viene κοτυληδών.

Fig. 107.

14° Si domandano *acotiledoni* le piante che, come le alghe, mancano di cotiledoni: *monocotiledoni* quelle che ne ànno uno solo, come l'avena; *dicotiledoni* quelle che, come i legumi, ne ànno due.

II. scolii. 1° Finchè il vegetale è giovane, le cellule sono per lo più ripiene di succo; in alcuni casi lo sono di olii o volatili, cioè facili ad evaporare, o no, ossia grassi, frammisti quasi sempre a bollicine d'aria. Coll'invecchiare diminuiscono i liquidi, e cresce l'aria mista ad un certo gasse detto acido carbonico. La più abbondante fra le sostanze solide, che trovasi nelle cellule, è la *cromula* o *clorofilla* così detta da χλωρός *verde* e φύλλον *foglia*. La quale si mostra ora in granulazioni, ora in masse gelatinose informi. Sostanze analoghe dànno al fiore, e al frutto i colori; ed il bianco deriva dall'aria.

Fig. 108.

2° Le cellule di alcune radici sotterranee, di molti frutti, e dei grani contengono una sostanza speciale capace di trasformarsi in materia zuccherina; e la quale è chiamata *fècola*, od *amido*, secondo che viene estratta o dalle patate, o dal frumento.

3° In fine si veggono applicati alle cellule dei corpi lenticolari e globulosi detti *nuclei*, formati da altri più piccoli chiamati *nuclèoli*.

III. altre definizioni. 1° È chiamato *ascella delle foglie* l'angolo compreso fra il tronco o il ramo e la foglia; ed *ascellari* gli organi che vi si ritrovano.

2° I piccoli corpi ovoidi e di solo tessuto cellulare, che appaiono nelle ascelle delle foglie, sono detti *occhi*.

3° Vengono denominati *bottoni*, o *gemme*, o *embrioni fissi* gli occhi (fig. 109.) quando sono sviluppati, terminati a punta, e formati all'esterno di scaglie sovrapposte ad embrice, le quali contengono nell'interno un giovane ramo allo stato embrionale.

Fig. 109.

4° Vi sono delle gemme senza scaglie, che si sviluppano totalmente in foglie, e s'addimandano *gemme nude*.

5° La gemma, che termina il tronco o ramo, dicesi *terminale*.

6° I *tubercoli* o *tuberi* sono radici o porzioni di radici rigonfie e formanti dei corpi ovoidi o irregolari, aventi alla superficie degli occhi, e composti di una massa di tessuto vascolare ripiena di fecola e percorsa da varii fasci vascolari.

7° Il *bulbo* o *cipolla* è una pianta completa della classe delle manocotiledoni, e formata da una gemma: la quale à tre parti distinte: tronco lungo carnoso, fibre radicali, e guaine a strati succulenti.

84. Nutrizione. — Principiamo ora dallo studiare il fenomeno della nutrizione.

Fig. 110.

I. SCOLII. 1° Gli organi principali, che servono alla nutrizione delle piante, sono le radici, le foglie, ed il tronco. Questo non manca mai sebbene talora sia brevissimo.

2° Il tronco, che dicesi anche *fusto*, *caùle*, o *caùdice*, nelle piante dicotiledoni lignee nel suo primo sviluppo, non è che parenchima. Ma poi le cellule si allungano in fibre, e vasi; questi e quelle si moltiplicano e formano un certo numero di fasci fibro-vascolari disposti quasi a cerchio intorno al centro tutto cellulare. Tali fasci per altro riman-

gono divisi da tante lamine cellulari (fig.111.) dirette dal centro alla superficie. Nel secondo anno si forma un nuovo cerchio di fasci legnosi fra il primo e la corteccia; nel terzo se ne produce un terzo, e così di sèguito. Tanto che il tronco si trova in fine composto di tre parti principali; midollo, strati lignei concentrici, e corteccia (fig.112.).

3° Sotto al tronco viene la radice, che si affonda nel suolo. Questa, al pari del tronco, può essere o semplice, come quella della carota, o ramosa; e il più delle volte è tanto più grande quanto è più sviluppato il tronco.

4° Le foglie sono gli organi, che nascono sul tronco e sui rami per lo sviluppo delle gemme. Esse sono per lo più verdi, piane, membranose, e composte di due parti: una cilindrica, che serve loro di sostegno, e l'altra piana ed allargata. In oltre si compongono di fasci vascolari provenienti dal tronco, di parenchima, e di epidermide. I fasci ànno la stessa struttura di quelli del ramo, da cui provengono; costano cioè di trachee, di vasi ordinarii, di vasi laticiferi, e di fibre: ma le trachee restano verso la pagina superiore ed i vasi laticiferi verso l' inferiore. Il parenchima è costituito da cellule strette nella parte superiore, ma con molte lamine nella inferiore. L' epidermide è un gran numero di stomi, che abbondano negli alberi nella pagina inferiore, viceversa nelle foglie galleggianti, ugualmente in ambedue nelle erbe. Si noti ancora che le foglie nel basso del tronco ordinariamente sono semplici e piccole, verso il mezzo sono più larghe e frastagliate, verso l'estremità dei rami ritornano piccole e semplici, e poi cangiano di colore e di forma e si riducono a squammette.

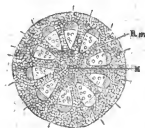



Fig. 111.

II. DEFINIZIONI. 1ª Il centro (M) tutto cellulare di un tronco è detto *midollo* o *canale midollare*.

2ª Le lamine (fig.111.) cellulari (Rm) del tronco dirette dal midollo alla corteccia sono chiamate *raggi midollari*.

3ª Gli strati lignei più esterni, che sono pallidi e di tessuto molle, ricevono il nome di *alburno*; e di *legno* o *cuore* i più densi e coloriti, nei quali col tempo si converte lo stesso alburno.

4ª Sono denominati *nodi* certi ingrossamenti del tronco e dei rami, che sembrano giunture dei pezzi.

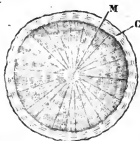
5ª La linea circolare, che separa il tronco dalla radice, porta i nomi di *colletto* o *nodo vitale*.

6ª À nome *strato suberoso* o *sughero* quel tessuto, che in certe piante sta subito sotto l'epidermide, e si compone di alcune serie di cellule intimamente unite fra loro, spesso di colore bruniccio, e senza granulazioni.

7ª *Mesoderma*, da μέσος *mezzo* e δέρμα *pelle* è detto uno strato di cellule disuguali allungate, a grosse pareti, e senza granulazioni verdi nell'interno.

Fig. 112.

8ª *Strato erbaceo* vien denominato quello, che è formato di cellule globulose e poliedriche con clorofilla.

9ª Dicesi *libro* la parte fibrosa e vascolare della corteccia, che è composta di straterelli concentrici, uniti strettamente fra loro come i fogli di un libro.

10ª Uno strato di tessuto cellulare assai delicato, che separa il legno dalla corteccia, à nome *zona generatrice* od *endoderma* da ἔνδον *dentro*, e da *pelle*.

11ª La radice è detta *fittone* quando si approfonda verticalmente nel suolo.

12ª Chiamasi *rizòma* il brevissimo fusto delle piante, che sembrano nascere dal colletto. La *radice* fu detta ῥίζα.

13ª La parte cilindrica sostenente la foglia è detta *picciuolo*.

14ª *Lembo* si domanda la parte piana ed allargata.

15ª Le foglie senza picciuolo si dicono *sessili*.

16ª Le foglie della forma di squammette chiamansi *bràttee* o *glume*.

17ª È denominata *spata* una grande brattea, che ricopre i fiori prima della fioritura, e per solito si fende per lasciar loro un passaggio.

18ª Sono chiamate *stipule* le piccole squamme od espansioni verdi, le quali accompagnano alla base il picciuolo, o vi aderiscono.

19ª Si dà nome di *viticci*, *cirri* o *vrilli* agli organi filamentosi, che si ravvolgono intorno ai corpi vicini, e servono a sostenere le piante arrampicanti.

20ª Son detti *spine* quegli organi, che provengono dal prolungamento del tessuto ligneo, e sono quasi squamme prodotte dallo sviluppo anormale di altri organi: come veggonsi nel prugno selvatico, nel cedro, e nell'uva crispa.

21ª *Aculei* o *pungiglioni* sono organi prodotti dalla corteccia, dalla quale possono essere distaccati con molta facilità, come osservasi nelle rose.

22ª *Peli* sono chiamate certe produzioni cellulari filiformi, che si vedono sulle varie parti della pianta.

23ª Si dicono *peli urenti* od *orticanti* quelli, che, come nell'ortica, terminano con una punta rigida, la quale infiggendosi nella pelle vi si rompe ed emette il liquido velenoso che contiene.

24ª *Ghiandole* vengono appellati gli organi, che servono ad elaborare i succhi, i quali sono sparsi in tutto il vegetale, e a dar loro un' indole particolare. Son tali le basi dei peli dell'ortica.

25ª Quel succhio che ascende in primavera, gonfia le squamme, fa spuntare le foglie, e scola dai tagli, che in quella stagione si fanno, chiamasi *linfa di primavera*.

26ª Il succhio, che in molte piante ricomincia ad ascendere verso la fine dell'estate, quando molte foglie sono già cadute, e le gemme si ritrovano abbastanza sviluppate per darne delle nuove, è detta *linfa d'agosto*.

27ª Il succo discendente viene denominato *cambio*.

III. ALTRI SCOLII. 1° Nelle piante dicotiledoni lignee la corteccia si compone di straterelli concentrici, che dall'esterno all'interno (fig. 113.) sono: epidermide (*e*), strato sugheroso (*s*), mesoderma (*m*), inviluppo erbaceo (*ie*), libro (*l*, *l'*) ed endo-

derma (*d*). Ma nelle dicotiledoni erbacee annuali essa à una composizione più semplice: mentre è composta solo dell'epidermide, dell'inviluppo erbaceo, e dei fasci fibrosi del libro. Anzi questi talora mancano, e non distinguonsi dall'inviluppo erbaceo. Insomma non vi è in esse lo strato cellulare destinato a produrre ogni anno nuovi strati concentrici di legno e libro. Il tronco poi dei monocotiledoni arborei, per esempio delle palme, è tutto di tessuto cellulare; e le fibre li-

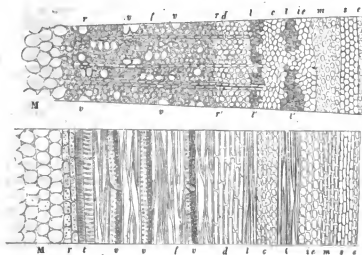



Fig. 113.

gnee (fig.122.) sono riunite in fascetti disseminati senz'ordine e spesso più densi verso la circonferenza del tronco, e le loro sezioni appaiono come tanti punti di un colore più oscuro della massa. Il tronco ligneo delle felci (fig.123.), che sono acotiledoni, nella parte centrale (G) ora è cavo ed ora è pieno, ma sempre meno consistente; e sulla sezione orizzontale vi si distinguono molte linee nere (A, B, C,...) variamente ripiegate in figure irregolari, bizzarre, e riproducentisi con qualche regolarità tutte all' ingiro, in una zo-

na che rappresenta il corpo ligneo. La loro corteccia poi è un tessuto cellulare più allungato e colorito come il tessuto ligneo, ma a pareti sottili. Vi sono finalmente varie piante che ànno dei tronchi anormali.

2° La funzione della nutrizione risulta da varii fenomeni distinti. I. Per mezzo delle radici si fa l'*assorbimento delle sostanze nutritive*, purchè queste sieno disciolte nell' acqua. II. Per le foglie poi avviene la *traspirazione*, per la quale viene espulsa la parte eccedente d'acqua. III. Le foglie stesse sono l'organo della *respirazione*: giacchè per esse le piante assorbono certi gassi contenuti nell'aria e ne restituiscono degli altri. IV. Nelle piante vi è anche la *circolazione*. Infatti per la parte centrale del tronco ascende la linfa, che facendosi sempre più densa giunge alle ultime ramificazioni, alla gemma, e alle foglie e le fa sviluppare, poi a poco a poco si rallenta. Ivi, subita l'azione della respirazione e della traspirazione, ridiscende per la corteccia o fra la corteccia ed il legno. La parte più copiosa del succo discendente è destinata specialmente all' accrescimento della pianta, per le produzioni di nuovi strati di corteccia e di legno: e nei vegetali dicotiledoni dà origine all' endoderma che forma poi i nuovi staterelli di alburno e di libro. Ma i succhi discendenti ed elaborati, che producono quei liquidi coloriti, latticinosi, gommei e spesso velenosi chiamati *làtice*, scorrono per i vasi proprii. Anzi in ciascuna cellula, il liquido gira ancora in una costante direzione. V. Per le *escrezioni* si eliminano le materie inutili o dannose alla vita della pianta. Queste sostanze o sono quelle che si stendono alla superficie dei diversi organi per impedire certi effetti dannosi, come l'intonaco impermeabile che riveste le squamme in inverno: ò sono resine, o gomme che si accumulanò in apposite cavità interne, e quando sono abbondanti escono all'esterno: o sono sostanze veramente escrementizie che vengono espulse specialmente dalle radici. VI. L'*assimilazio-*

Fig. 114.

ne consiste in tre azioni differenti; un'*azione chimica* che separa gli elementi delle sostanze nutritive della pianta; un'*azione organica* o *fisiologica* che combina quegli elementi a formare nuove sostanze composte; ed un'*azione fisica* per la quale le piante assorbono le materie inorganiche, come sali, solfo, silice ecc. VII. Finalmente il risultato finale della nutrizione è l'accrescimento degli organi. Negli alberi dicotiledoni, quando in primavera si rianima la vegetazione, i succhi discendenti imbevono l'endoderma; però molte cellule di questo si allungano, si rinforzano, e diventano fibre, altre col distruggersi il tramezzo che le divide si trasformano in vasi: e così lo strato cellulare si cangia quinci in uno strato di tessuto ligneo che si sovrappone a quello dell'anno precedente, e quindi in diversi straterelli di libro che si addossano ai preesistenti. Inoltre fra i fascetti fibrosi e vascolari del legno si sviluppano nuove porzioni di tessuto cellulare, le quali ne dilatano gli strati. L'accrescimento in altezza è dovuto allo sviluppo delle gemme terminali. Anzi questo è tutto nelle piante monocotiledoni.

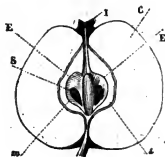



Fig. 115.

Nelle quali, crescendo la radichetta, il tronco rimane assai breve e circondato da foglie disposte in linee spirali molto ravvicinate. La gemma terminale è ricoperta da numerose squamme, che coll'andar del tempo si debbono svolgere in foglie; ma a mano a mano che questa gemma si va sviluppando, le foglie sono rigettate ai lati, in essa si svolgono sempre più numerosi i fascetti che ànno origine presso la corteccia, e, descrivendo un arco ed allungandosi verso l'alto nell'interno del tronco, ritornano verso la corteccia per entrare nelle foglie.

85. Riproduzione. — Passiamo ora a vedere i principali fenomeni, che accompagnano la riproduzione delle piante.

I. DEFINIZIONI. 1ª L'involucro esterno, comunemente verde, che avvolge tutto il fiore, quando non è ancora sbucciato, chiamasi *calice*; e vengono dette *sèpali* le parti del calice distinte ed analoghe a fogliette.

2ª L'involucro quasi sempre colorato, che viene appresso immediatamente al calice, è detto *corolla*, e le sue parti sono chiamate *pètali*.

3ª I filamenti, che portano alla cima dei succhettini pieni di polvere colorita, sono chiamati *stami*; e il loro insieme *androcèo* (da ἀνήρ ἀνδρο'ς *uomo* ed οἶκος *casa*).

4ª La sopradetta polvere si dice *polline*; e *fovilla* la sostanza in apparenza mucilaginosa, che trovasi nell' interno dei granellini del polline.

5ª Le parti di forme svariate, che stanno nel mezzo del fiore, terminano in uno o più filamenti, e contengono nel loro interno un certo numero di granelli minuti, da καρπό'ς *frutto* ricevono la denominazione di *carpelli*, ed il loro insieme quello di *pistillo* o *ginocèo* da *casa*, e γυ'νη *donna*.

6ª Si chiama *peduncolo* il picciuolo, che per lo più porta il fiore: ed un fiore, che ne manchi, è detto *sessile*.

7ª Sebbene le parti del fiore sieno disposte in giro in una linea spirale; pure, essendo questa poco riconoscibile, si considerano disposte come in quattro così detti *verticilli* distinti e concentrici.

8ª Le ramificazioni del peduncolo chiamansi *pedicilli*.

9ª Si domanda *asse fiorale primario* il peduncolo semplice terminato da un fiore o da pedicilli; ed *assi secondarii*, *terziari*, ecc. i primi. i secondi, ecc. rami del primario.

10ª Dal nome del figlio di Mercurio, ossia *Ermete*, e da quello di Venere, cioè *Afrodite*, sono chiamati *ermafroditi* i fiori, che ànno il ginecèo, e l'androcèo insieme riuniti.

11ª È stato dato il nome di *ricettacolo*, *toro* o *talamo* alla parte allargata del peduncolo, che sostiene le parti del fiore.

12ª I fiori non ermafroditi si chiamano in genere *unisessuali*, ed anche *diclìni* da δι'ς *due volte* e κλι'νη *letto*.

13ª I diclini si distinguono con nomi di *maschi* o *staminiferi*, oppure con quelli di *femminei* o *pistilliferi* secondo che ànno o soli stami, o soli carpelli.

14ª I medesimi sono chiamati *monòici* se i fiori maschi ed i femminei stanno sulla stessa pianta; diòici se una pianta à i soli maschi, ed un' altra i soli femminei: *polìgami* se sulla stessa pianta o in piante differenti vi ànno nello stesso tempo gli uni, gli altri, e gli ermafroditi.

15ª L'unico involucro fiorale, che presentano certe piante, come il tulipano ed il giglio, chiamasi *perigonio* da *donna*, e περί *intorno*; e *perianzio* da *intorno* ed ἀνθός *fiore* vien detto l'insieme dei due involucri fiorali.

16ª Quei fiori che, sebbene abbiano un calice ben distinto, mancano di corolla, chiamansi *àpetali* o *monoclàmidi*, cioè *con una sola veste*; da μόνος *uno, e* χλαμύς *veste*.

17ª Quelli poi che mancano del calice, e della corollá sono denominati *nudi* o *aclamidi*, *da* α *privativo* e χλαμύς.

18ª I vegetali, che ànno veri fiori, ed anche quelli, che mancano di veri invogli fiorali; ma nei quali si riconoscono ancora gli stami ed i carpelli, in generale sono detti *fanerogami*; e *crittogami* quelli che ne sono privi: parole derivate da φανερός *apparente*, κρυπτός *nascosto*, e γάμος *nozze*.

19ª La corolla è chiamata ora *dialipètala* o *polipètala*, ora *gamopètala* o *monopètala*, secondo che è formata da petali o liberi e distinti, o saldati insieme.

20ª Dicesi *ovario* la parte inferiore del carpello, quella cioè che contiene i germi; e questi sono chiamati *òvuli*.

21ª *Stilo* (fig.114.) è il prolungamento (S) filiforme della sommità dell'ovario; e *stimma* il corpo glandolare (*s*), in cui termina lo stilo.

22ª L'ovario, quando à, come spesso avviene, tante logge quanti sono i carpelli che formano il pistillo, riceve il nome di *biloculare*, *triloculare*, o *moltiloculare* secondo che due, tre, o più carpelli formano il pistillo.

23ª L'ovario stesso è detto *libero* o *supero* se (fig.116.) non aderisce al calice, e sta sopra gli involucri del fiore, *infero* o *aderente* se (fig.117.) forma un sol corpo col calice, *parietale* se i carpelli (fig.118.) sieno inseriti sulla superficie interna d'un calice tubuloso.

24ª Ogni punto dei margini ripiegati del carpello, al quale (punto) è attaccato un ovulo, si noma *placenta* o *trofosperma*.

25° Riceve il nome d'*inserzione ipogina* (fig.119.) la posizione che ànno gli stami, i quali si ritrovano inseriti *sotto* l'ovario, che allora è supero.

26° Si domanda *inserzione perigina* (fig.120.) quella, per cui gli stami stanno inseriti sul calice e quindi *attorno* all'ovario, cosicchè levando il calice si levano anche gli stami.

27° *Inserzione epigina* (fig.121.) è quella, per cui gli stami sono inseriti *sopra* l'ovario, che allora è infero.

28° È chiamata *fecondazione* la funzione, per la quale il polline dà agli ovuli l'attitudine di mutarsi in semi, e produrre nel loro interno gli embrioni.

Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118.

II. SCOLII. 1° Riguardo alla fecondazione, primieramente conviene avvertire che l'ovulo, quando comincia a comparire sulla placenta dell'ovario, è un piccolo rialzo di tessuto cellulare senza alcuna parte distinta. Poi s'ingrossa, vi si stendono sopra due membrane una sull'altra, le quali poscia lo rivestono totalmente, lasciando solo verso l'apice una apertura.

2° Nei fiori ermafroditi, appena il fiore è aperto e talvolta anche prima, gli stami con moto abbastanza distinto avvicinano agli stimmi le antere; queste allora si aprono, e la polvere del polline cade, oppure è portata dall'aria sullo

stimma; ove essa rimane in virtù della vischiosità del liquido prodotto dal pistillo. Ciò fatto, i granelli di polline si rigonfiano, ed emettono i tubi ripieni di fovilla. Questi penetrano nel tessuto cellulare molle dello stimma, discendono pel centro dello stilo nelle pareti cellulose dell'ovario, arrivano agli ovuli, s'internano per le aperture delle loro due membrane, e toccano il nucleo. Dopo ciò le cellule embrionali si gonfiano, se ne complica la struttura, e si trasformano in veri embrioni. Intanto il sacco embrionale si va assottigliando, e poi scomparisce, oppure si riempie di materie nutritive del seme: come pure le due membrane dell' ovulo si assottigliano e ne formano una sola, costituente il tegumento del seme; e la loro apertura si riduce ad un foro piccolo quanto un punto.

Fig. 119. Fig. 120. Fig. 121.

3° Nei vegetali con fiori unisessuali, quando gli stami ed i pistilli trovansi in fiori differenti, come avviene nel granturco, nei pistacchi, nelle palme, la polvere finissima delle polline è trasportata dall'aria e dagl'insetti anche a distanze assai considerevoli.

4° Quanto poi alle piante acquatiche, essendo necessario che gli stami ed i pistilli sieno circondati da un aeriforme, accade che o le piante sommerse innalzano i fiori sul livello dell'acqua, almeno nel tempo della fecondazione; oppure i fiori stessi, in virtù della respirazione, già contengono nei loro involucri una certa quantità d'aria.

5° Compiuta la fecondazione, gli stami e le altre parti del fiore ordinariamente appassiscono, marciscono e cadono. La vita è allora concentrata nell'ovario e negli ovuli, i quali si

trasformano gradatamente e diventano il frutto. Questo è dunque l'ovario, che à maturato i suoi ovuli, che li à cioè cangiati in semi. Ma si dà tal nome anche alle riunioni di molti ovarii prodotti dall'aggregazione di molti fiori prima isolati, e poi saldati fra loro. Servano d'esempio i coni dei pini; e degli abeti, ed il fico.

6° Ma vi è un'eccezione alla riproduzione normale. Alcune piante possono riprodursi mediante i *bulbilli*, ossia per mezzo di certe gemme ascellari, che mature si staccano da sè, cadono a terra, vi mettono radice, germogliano e danno origine ad altrettante piante. Questa riproduzione è chiamata *gemmipara*. Ma sembra, che nelle piante dioiche, le quali fioriscono una sola volta all'anno, i semi possano svilupparsi e riprodurre la pianta anche senza veruna fecondazione per parte del polline.

Fig. 122.

7° Artificialmente poi si può avere la riproduzione I. per *gemme*, mettendo nel terreno, e nelle opportune condizioni di umidità e calore una gemma di un vegetale; II. per *getto*, se tal gemma è alquanto sviluppata; III. per *piantoni* o *talee*, piantando nel terreno rami forniti di gemme; IV. per *radici* e per i *tuberi* che vi sono attaccati, ugualmente; V. per *margotta*, infiggendo un ramo verticalmente nella terra bagnata, e recidendolo dalla pianta madre quando à gettato le radici; VI. per *propaggine*, piegando un ramo sotterra, in modo che la cima riesca di fuori; e con una legatura od altro arrestando il succhio della parte sotterrata, affinchè getti radici; VII. per *innesto*, inserendo una parte d'una data pianta su di un'altra, in modo, che il libro e l'alburno dell'una e dell' altra sieno a contatto, e però nasca in esse una comune circolazione: e v'è l'innesto *per approssimazione*, *a marza*, *ad occhio*; ma di ciò agli agricoltori.

III. ALTRE DEFINIZIONI. 1ª Le tracce (1), che gli stami ed altre parti del fiore (fig. 115.) lasciano sull'ovario, chiamansi *induvie*.

2ª Il corpo interno o cellulare dell'ovulo è detto *nucella* o *nucleo*; la membrana esterna *priminà*, *secondina* l'esterna, e l'apertura lasciata da questessa *micropìlo*.

3ª Si chiama *pericarpo* (fig. 115.) quella delle due parti del frutto, la quale proviene dalle pareti dell'ovario.

4ª Gli ovuli fecondati o contenenti un embrione, vale a dire l'altra parte (S) del frutto, si dicono *semi*.

5ª Delle tre parti costituenti il pericarpo, la membrana esterna (*e*) è detta *epicarpo*; *endocarpo* la interna (E), che può essere consistente come nel pisello, e talora lignea come nelle pesche, e *sarcocarpo* o *mesocarpo* la massa parenchimatosa (*m*) racchiusa fra le dette membrane, la quale nei legumi è esilissima, e polposa in certi frutti carnosi, come l'albicocco.

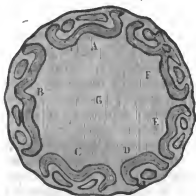
Fig. 123.

6ª Se il pericarpo è semplice, è detta *suturale* la placenta collocata sulle *sutùre* o *saldature* dei margini della foglia trasformata in carpello.

7ª Se il pericarpo è composto, il trofosperma è detto ora *assile*, ora *parietale*, ora *centrale*, secondo che è collocato o nell'angolo rientrante di ogni loggia, o alla parete interna della cavità del pericarpo, o a guisa di colonna nel centro di questessa.

8ª È detto *episperma* quel solo tegumento, in che si cangiano la primina, la secondina, e l'istessa nucella.

9ª L'organo speciale, che spesso accompagna l'embrione, e che serve al nutrimento di questo, dicesi *albume*, *endosperma* ed anche *perisperma*.

10ª *Gimnospermi* sono detti quei vegetali, che ànno ovuli

nudi sopra delle scaglie; *angiospermi* quelli, che ànno ovuli racchiusi negli ovarii; e *ciclospermi* se ànno il perisperma farinoso circondato dall'embrione.

11ª Si chiama *infiorescenza* tanto la disposizione dei fiori sui rami, quanto il loro raggruppamento.

12ª I pericarpi, che si aprono da sè per lasciare uscire i semi e spargerli sul suolo, diconsi *deiscenti*, e *deiscenza* tal loro qualità: *indeiscenti* si chiamano gli opposti.

13ª *Bocciamento* od *estivazione* è chiamata la disposizione delle parti del fiore nel bottone prima che si apra.

IV. ALTRI SCOLII. 1º In certi frutti il sarcocarpo à un'origine tutta singolare. Nei frutti del melo (fig. 115.), del pero, del gelso, della rosa, dell'ananas, ed altri la polpa (C) è prodotta dal calice, nel ginepro dalle squame divenute carnose, nel fico dal ricettacolo. Si mangia il seme della noce e della mandorla e si getta il resto; si mangia invece il sarcocarpo della ciliegia, dell'albicocca, e della pesca. La pelle che si getta nella melarancia è l'epicarpo ed il mesocarpo, e l'endocarpo è la membrana esilissima che si stende nei compartimenti interni o logge piene di un tessuto accessorio molle e zuccherino.

2º Secondo i varii casi si dà un diverso nome all' infiorescenza. Per esempio se i fiori sono sessili sull'asse primario l'infiorescenza dicesi ora *spiga*, ora *capolino* (cardo), ora *sicònio* (fico). Vien detta *spiga* quando l'asse primario è allungato, e porta fiori sessili in ogni direzione a cilindro allungato. E questessa infiorescenza viene specificata coi nomi di I. *amento* o *gattino* se i fiori sono unisessuali, e l'asse è articolato alla base e si stacca tutto d'un pezzo (noce); II. *spadice* se l'asse è grosso e carnoso a fiori unisessuali e senza involucri proprii, e circondato da una spata (arum); III. *cono* o *stròbilo* se le squamme o brattee concomitanti i fiori sono grandi, persistenti, o anche lignee (pino). Quando i fiori sono collocati sopra gli assi secondarii, l'infiorescenza si domanda *grappolo*, *corimbo semplice* (sambuco), *ombrella semplice* (primavera). Quando in fine i fiori stanno sugli assi terziarii e le ramificazioni loro, essa dicesi *pannocchia* (vite), *tirso* (siringa), *corimbo composto* (sorbo), *om-*

brella composta (prezzemolo). Ma su tal punto contentiamoci di questo cenno.

88. Classificazione dei vegetali. — Il numero delle specie diverse di piante è grandissimo. Aristotile quattro secoli avanti la redenzione ne descrisse 350; e Linneo nel 1759 ne numerò 9000; ma nel principio di questo secolo già se ne conoscevano 25 600, e venti anni fa se ne contavano ben 80 000; eppure siamo ancora lontani assai dal novero completo. Era dunque molto arduo il problema di tassonomia; e fu da molti diversamente risoluto. Sebbene la nomenclatura botanica la più vera ed usata sia quella di Linnèo, non seguiremo per altro il suo *sistema*, fondato sulla considerazione dei caratteri di un solo organo, ma il *metodo* più moderno, col quale si prende di mira l'organizzazione intera; e fra questi precisamente quello di Adriano Jussieu.

I. DEFINIZIONI. 1° Si dicono *erbe* i vegetali, che non ànno il tronco ligneo.

2° *Suffrutici* o *cespugli* chiamansi i vegetali con tronco ligneo, e rami erbacei e statura inferiore a quella dell'uomo.

3° *Frutici* od *arbusti* sono nominati quelli, che ànno il tronco completamente ramificato fin dalla base, poco elevato, senza gemme squammose, e di statura non superiore alla umana.

4° *Alberetti* vengono detti i vegetali, che ànno il tronco ligneo, ramificato fin dalla base, munito di gemme squammose, e di statura superiore all'umana.

5° *Alberi* sono quelli con vero tronco, non ramificato alla base, ed assai alto.

6° È chiamata *flora* la determinazione e descrizione dei vegetali di un dato paese ed epoca.

II. SCOLII. 1° Il volgo non conosce altra divisione, che quella espressa colle superiori definizioni: ma gli scienziati, piuttosto che fermarsi a queste od altre proprietà estrinseche di grandezza, di proprietà medicinali, od economiche, ànno preso di mira l'organizzazione delle piante. E così ànno principiato dallo stabilire le tre grandi divisioni già accennate, distribuendo tutti i vegetali in acotiledoni, monocotiledoni, e dicotiledoni: giacchè non è vero che vi sieno de' vegetali policotiledoni, come si credè già da taluni.

2° Gli acotiledoni, detti anche *crittogami*, *embrionali* o *arizi*, si dividono in due ordini: I. *cellulari*; II. *vascolari*.

3° I monocotiledoni, che sono anche denominati *èndogeni*, o *endorìzi*, o *unilobati*, si distinguono in quattro ordini: I. *acquatici e col seme senza perisperma*: II. *spadicei;* III. *glumacei*; IV. *con perianzio e perisperma*.

4° I dicotiledoni, che si domandano anche *esògeni*, *sinorizi*, *bilobati*, si spartiscono in nove ordini: I. *diclini*; II. *apetali ermafroditi*; III. *polipetali ciclospermi a placentazione centrale*; IV. *polipetali ipogini a placentazione parietale*; V. item *a placentazione assile*; VI. *polipetali perigini a placentazione assile senza perisperma*, VII. item *con perisperma;* VIII. item *a placentazione parietale*; IX. *semimonopetali*; X. *monopetali ipogini*; XI. *monopetali perigini*.

5° Gli acotiledoni cellulari, che sono chiamati ancora *crittogami afilli*, *tallogeni*, *tallofiti*, *agami*, *amfigeni*, si dividono in I. *alghe* (conferve, ulvacee, caracee, fuchi); II. *funghi* e *licheni* (botriti, muffe, spugnuòle, il lichene mangereccio, i tartufi, l'oidium tuckeri delle viti, il polyporus donde si fa l'esca); III. *epatiche* e *muschi* o *boraccine* (marchantia polymorpha, hypnum).

6° Gli acotiledoni vascolari detti anche *fogliacei*, *eterogami*, *acrorrizi*, *acrogeni*, *aerofiti*, si distribuiscono in due famiglie: I. *felci*, *licopodiacee*, ed *equisetacee* (polipodiacee, osmunde, il licopodio, la cui polvere è infiammabile, la coda di cavallo); II. *rizocarpee* o *marsigliacee* (pillularie, marsilee, salvinie).

7° L'ordine dei monocotiledoni acquatici e senza perisperma contiene le famiglie delle I. *naiadee* e *potamee* (lattuga ranina, zostèra); II. *lemnacee* (lenti palustri); III. *alismacee* e *iuncaginee* (piantaggine d' acqua); IV. *butomee* (il giunco fiorito); V. *idrocaridee* (la vallisneria).

8° I monocotiledoni a spadice si suddividono in I. *aroidee* od *aracee* (aro comune o pan di serpe, o lingua di bue, o gìchero); II. *tifacee* (mazze, bende d'acqua); III. *pondanee* e *ciclantee* (albero farinifero, phytelephas, il cui endosperma corneo è l'avorio vegetale).

9° I monocotiledoni glumacei comprendono le I. *ciperacee*

(sala o erba lucciola o lisca, cavallini o dolcichini, mandorla di terra); II. *graminee* o *graminacee*, delle quali si conoscono 300 specie divise in 8 tribù: 1ª panicee (digitaria, panìco o panizzo, setaria), 2ª falaridee (codolina, coda di volpe, fleo; paleino), 3ª orizee (riso), 4ª agrostidee (agrostis vulgaris, miglio, olco, saggina o mèlica, stipa), 5ª avenee (avena), 6ª festucee (festuca o palèo, tremolina, poa, forasacchi, erba mazzolina o pannocchina), 7ª triticee (frumento, nardo o spigo, loglio o zizzania, gramigna, segala, orzo), 8ª olircee (grantnrco).

10ª I monocotiledoni con perianzio e perisperma sono costituiti dalle seguenti famiglie: I. *palme* (canne d'India, ceroxylon andicola che fa la cera di palma, i saghi donde il sagù, palma della Tebaide colle cui foglie si fanno tappeti, corde, ecc., corypha umbraculifera che con una sua foglia fa da ombrella a 20 persone, dattoliere che dà i noti dàtteri ed il vino di palma, elais guineensis che dà l'olio di palma e un eccellente vino, il cocco le cui noci contengono un buonissimo latte ed il tronco lo zuccaro); II. *giuncacee* o *iuncee* (giunco); III. *commelinee*; IV. *colchicacee* o *melantacee* (còlchilo autunnale); V. *gigliacee* ed *asparaginee* (pugnitopo o rucschio, mughetto o giglio delle valli, sigillo di Salomone, tulipano, aspàrago, aglio, cipolla, porro, gigli, giacinti, gigli turchi o gialli, aloe, lino della Nuova Zelanda) e *smilacee* (dànno la salsapariglia e lo smilace); VI. *bromeliacee* (ananasso); VII. *dioscoree* (tàmaro o vite nera); VIII. *emoracee* ed *ipozidee*; IX. *amarillidee* o *narcissee* (narcissi, tazzette, giunchiglie, bucaneve, àgave americana detta aloe); X. *iridee* (zafferano); XI. *scitaminee* o *cannacee* e *musacee* (banano o fico d'Adamo, canna d'India, curcuma, amomo, zènzero, zedoaria – le ultime tre coi rizomi ricchi di olii aromatici –); XII. *orchidee*, delle quali ve n'à circa 1500 (cipripedio, vaniglia ricca di aroma, salep donde il principio analogo alle gomme detto bassorina).

11ª I dicotiledoni diclini si suddividono nelle I. *cicadee* (zamie); II. *conifere* o *alberi sempre verdi, resinosi, aghifogli*, le quali contengono varie tribù: 1ª abietinee (pini, abeti, cedri, larici, dalle quali si estraggono quasi tutte le specie di

resine, pece, balsamo, trementina, storace), 2° cipressinee (cipressi, tuie, ginepri). 3° tassinee (tasso o nasso, tasso baccato o albero della morte ginco), 4° gnetacee (gneti); III. *miricee* (casuarine); IV. *iuliflore* od *amentacee* che abbracciano le tribù delle 1° platanee (platani) 2° balsamiflue (liquidambar), 3° betulinee (betula o bidollo, alno od ontano), 4° salicee o salcinee (pioppi, salici), 5° cupulifere o quercine (querce, faggi, castagni, nocciuoli, rovere, sughero, leccio, cerro – la quercus insectoria dell'Asia dà le noci di galla –), 6° iuglandee (noce); V. *olmacee* e *celtidee* (olmo, perlàro); VI. *orticee, cannabinee, moree* o *artocarpee* (ortica, parietaria o vetriola, cànape, lùppolo, gelsi, o mori comuni, fico comune); VII. *ceratofillee*; VIII. *piperacee* (albero del pepe); IX. *miristicee* (myristica aromatica, il cui seme è la noce moscata); X. *euforbiacee* (bosso, catapuzia, ricino o palmachristi ricco di olio purgativo); XI. *empetree;* XII. *begoniacee;* XIII. *cucurbitacee* (zucca comune, popone o mellone, cocomero od anguria, cetriuolo); XIV. *rizantee o rafflesiee*; XV. *nepentee.*

12° I dicotiledoni a fiori ermafroditi apetali si dividono in I. *aristolochiee* o *asarinee* (bàccara): II. *eleagnee* (olivella); III. *santalacee* (legni del Santal); IV. *proteacee;* V. *timelee* o *dafnoidee;* VI. *laurinee* (alloro o lauro, l'albero della cannella, laurus camphora che contiene in abbondanza la canfora; VII. *poligonee* (acetosella, ròmici domestiche o pazienze, fràino o grano saraceno, rapontico, rabarbaro); VIII. *fitolaccee* (uva turca) IX. *niltaginee* (gelsomini di notte); X. *amarantacee* (blito o biedone, perpetuino o fior eterno); XI. *chenopodee* od *atriplicee* (erba soda o cali, botri, bietola o barbietola, spinaci comuni).

13° I dicotiledoni polipetali a placentazione centrale ed a perisperma farinoso circondato dall'embrione sono distribuite in I. *portulacee* (porcellane); II. *paronichee* e *sclerantee* (erniarie); III. *cariofillee*, cioè *silenee* ed *alsinee* (garofano comune, viola a mazzetti, violine di macchia od orecchiette, croce di Malta, arenarie, centonchio o papaverina); IV. *elatinee* (pepe d'acqua).

14° I polipetali ipogini a placentazione parietale si distinguono in I. *violariee* (viola mammola, viola tricolore o suo-

cera e nnora); II. *tamariscinee*; III. *bizinee* o *bizacee*; IV. *frankeniacee*; V. *cistinee*; VI. *droseracee*; VII. *resedacee* (amorino di Egitto); VIII. *capparidee* (càpperi); IX. *crocifere* e comprendono le tribù delle 1ª siliquose (violacciocche bianche rosse, viole gialle, crescione o nasturzio acquatico, cavoli o verze, cavoli cappucci, cavolfiori, cavolrape, bròccoli, rape, navone domestico, rafani e ravanelli) 2ª siliculose (erba luna od argentina, rafano rusticano od armoraccio, guado, rosa di Gerico); X. *fumariacee* (fumarie); XI. *papaveracee* (papavero dell'oppio, rosolaccio); XII. *sarraceniacee*; XIII. *ninfeacee* e *nelumbiacee* (victoria regia).

15° I polipetali ipogini a placentazione assile possono scompartirsi in I. *ranuncolacee* (anemoni, vitalba, ranuncolo, elleboro o erba nocca, acòniti); II. *magnoliacee* e *anonacee* (magnolie); III. *dilleniacee*; IV. *berberidee* (crespino); V. *menispermee*; VI. *rutacee*, *zigofilee*, *diosmee*, *simarubee*, *zantoxillee* (ruta, dittamo bianco, guaiaco, legnosanto); VII. *geraniacee*, *ossalidee*, *linee*, *tropeolee*, *balsaminee* (nasturzio indiano, balsamina o begliuomini, nolitangere, lino comune, geranii, pelargonii); VIII. *malvacee* (bismalva o buon vischio, malva comune altea, alberi del cotone); IX. *sterculiacee* e *bombacee* (cotone d'India); X. *butneriacee* (albero del cacao); XI. *tigliacee* (tigli comuni); XII. *teacee* o *ternstremiacee* (tè, camellie); XIII. *guttifere* o *clusiacee*; XIV. *ipericinee* (ciciliana, erba sangiovanni); XV. *poligalee*; XVI. *ippocastanee* (castagno d'India; XVII. *acerinee* (aceri, oppio o loppio); XVIII. *malpighiacee*; XIX. *meliacee*; XX. *sapindacee*; XXI. *auranziacee* od *esperidee* (arancio, limone, cedro).

16°. I polipetali perigini a placentazione assile senza perisperma si separano in I. *terebintacee* (terebinto, donde la trementina di Chio, pistacchio, le burseracee donde il balsamo della Mecca, e l'incenso) II. *leguminose*, cioè *papiglionacee*, *cesalpiniee* e *mimosee* (lotee, trifogliee, fagiuolo, cece, pisello, cicerchia, lupini, fernambuco, legno d'aloe, tamarinus indica donde il tamarindo, cassia fistula donde la cassia, la ginestra da scope); III. *rosacee* (rosa), *driadee* (tormentella, cinquefoglio, lamponi selvatici o rovi, fragole), *spireacee* (erba caprina), *sanguisorbee* (erba stella), *emigdalee*

(prugnòlo, pruno, ciliegio, amarasco o vìsciolo, albicocco, mandorlo, persico), *pomacee* (pero, melo, sorbo, lazzeruolo di montagna, cotogno, nespolo); IV. *granatee* (granato o melograno); V. *mirtacee* (mirto, martèlla, caryophyllus aromaticus donde i chiodi di garofano); VI. *litrariee* o *salicariee* (riparella); VII. *melastomacee*; VIII. *aloragee*, *ippuridee* e *callitrichinee* (coda di volpe); IX. *onagrariee* o *enotteree* (raponzio).

17° I polipetali perigini a placentazione parietale vengono distribuiti in I. *passifloree* (fior di passione); II. *loasee*; III. *grossulariee* o *ribesiacee* (ribes, uva spina); IV. *cactee* (fico d' India); V. *crassulacee* (piante grasse, semprevivi); VI. *ficoidee* o *mesembriantemee* (erba cristallina); VII. *sassifragee* (delle quali alcune sono a placentazione parietale, altre a placentazione assile e con perisperma, e formano il passaggio al gruppo seguente) e *idrangee* (ortensia o rosa del Giappone).

18° I polipetali perigini a placentazione assile e con perisperma abbracciano le famiglie delle I. *ombrellifere* (aniso, finocchio, caro, coriandolo, anèto, angelica, prezzemolo, sèdano, carota, cicuta, ferula, il cui succo forma l'assafetida o stercus diaboli); II. *filadelfee* (fiorangiolo); III. *amamelidee*; IV. *cornee* (corniolo o crognolo); V. *araliacee* od *ederacee* (edera comune); VI. *ramnee* (giuggiolo); VII. *ampelidee* (vite comune, abròstine o lambrusca); VIII. *celastrinee* od *evonimi*.

19° I semimonopetali si dividono in I. *agrifogliacee* ed *aquifogliacee* od *ilicinee* (agrifoglio, od alloro spinoso o pugnitopo, ilex aquifolium, dalla cui corteccia il vischio); II. *ericacee* od *ericinee* (corbezzolo, uva orsina, èrica o scopa); *vacciniee* (mirtillo o baccole), e *rodoracee* (rosa delle Alpi); III. *pirolacee*; IV. *monotropee*; V. *stiracee* (donde i balsami stirace e benzoino); VI. *ebenacee* e *sapotee* (isonandra gutta donde la gutta-percha); VII. *gelsominee* (gelsomino); VIII. *oleacee*, od *oleinee* (frassino donde la manna, olivo, serenella, ligustro o ruischio); IX. *primulacee* (soldanelle, primavere); X. *plumbaginee* (erba santambrogio); XI. *piantaginee* (piantaggini, lingua di cane).

20° I monopetali ipogini si spartiscono in I. *lentibulariee*

od *otriculariee*; II. *globulariee* (bottonaria); III. *selaginee*, e *mioporinee*; IV. *verbenacee* (verbena comune, vitice); V. *labiate* suddivise nelle tribù 1ª ocimoidee (lavandule, basilico), 2ª mentoidee (mente), 3ª salviee (salvie, ramerino, o rosmarino), 4ª timoidee (timo, maggiorana, dittamo, issopo, savoreggia), 5ª lamioidee (betonica, erba gatta, ellera terrestre, marrubio), 6ª aiugoidee (bugula, erba sanlorenzo); VI. *acantacee* (acanto, sesamo); VII. *bignoniacee* (catalpa); VIII. *orobanchee*; IX. *personate* o *scrofulariee* od *antirinee* (veronica, boccadileone, digitale purpurea con foglie velenose), e *rinantacee* (calceolarie, paulonie); X. *verbascee* (tasso barbasso); XI. *solanacee* (belladonna, mandragora, giusquiamo, vescicaria, peperone, pomodoro, dulcamara, solàtro o tossico, patata, tabacco); XII. *borraginee* (consolida od erba rustica, borragine, cinoglossa, vaniglia, centonchio selvatico o ricordo d'amore); XIII. *polemoniacee* (valeriana greca, coboea scandens); XIV. *convolvolacee* (convolvoli donde il purgante scialappa, vilucchi, campanelle bianche, e a tre colori); XV. *genzianee* (trifoglio palustre, erbachina); XVI. *asclepiadee* (vincetossico); XVII. *apocinee* (vinche o fiori da morto, leandro); XVIII. *logoniacee* o *stricnee* (igasur che dà le fave di santignazio donde la stricnina e briccina potentissimi veleni, curare, noce vomica).

21ª Finalmente i monopetali perigini vengono distribuiti nelle seguenti famiglie: I. *stellate* o *rubiacee* (robbia, caglio od erba zolfina, ipecacuana, albero del caffè, chinachina); II. *caprifogliacee* o *lonicere* (sambuco, caprifoglio, ciliegie selvatiche); III. *lorantacee* (visco comune); IV. *valerianee* (valeriana minore); V. *dipsacee* (vedovina o scabbiosa); VI. *camponulacee* (rapuncolo o raponzo, specchio di Venere); VII. *lobeliacee* (fior di cardinale); VIII. *ambrosiacee* (lappole); IX. *composte* o *sinanteree* si dividono primieramente nelle sottofamiglie delle tubuliflore, e delle liguliflore o cicoriacee (cicoria, endivia, salsèfica, dente di leone o piscialletto, lattughe); e le tubuliflore si suddividono ancora in due tribù: 1ª cinarocefale (carciofo, cardone il cui fiore dà il presame o caglio, serretta, zaffrone o zafferano bastardo, cardo dicapotondo, perpetuino), 2ª corimbifere (artemisie donde la

santonina, assenzio, starnutella, camomilla, matricaria, fiorrancio, margheritine, àrnica o alisma, pulicaria comune che dicesi contraria alle pulci, achillea o millefoglio, tartufo bianco, girasole. fiordaliso, dalia).

87. Nozioni fondamentali di Mineralogia. — I. SCOLIO. I corpi inorganici possono distribuirsi in quattro categorie. I. Corpi prodotti dall'operazione di viventi, vegetali od animali, come zuccaro, gomme, resine, conchiglie. II. Corpi formati dall'alterazione di sostanze organiche seppellite nel suolo, ma ancora riconoscibili; tali sono le impronte e le petrificazioni. III. Corpi prodotti nel modo stesso dei precedenti, ma che non possono più confrontarsi coi viventi, come certe resine, alcuni bitumi, il carbon fossile, e la torba. IV. Corpi di origine unicamente inorganica, li quali ritrovansi nel seno o alla superficie della Terra; cioè metalli, alcuni composti salini, pietre, acqua, aria, e simili. I corpi della prima classe vengono studiati dalla Chimica; e quelli della seconda, che sono chiamati *fossili*, appartengono alla Paleontologia. L'oggetto della Mineralogia e della Geologia sono solamente i corpi delle ultime due categorie, ed essi propriamente vengono denominati *minerali*.

Fig. 124.

II. DEFINIZIONI. 1ª I minerali sono chiamati *regolari* od anche *cristalli*, se ànno facce piane e spigoli diritti.

2ª Si chiamano *forme imitative* quelle dei minerali irregolari simili a sfere, mandorle, pomi, semi alberi, coralli, fili, capelli.

3ª È denominata *tramoggia* un insieme (fig.124.) di cristallini in forma di dadi sovrapposti a piramide.

4ª *Dendriti* si chiamano le forme imitative costituite da granelli o filamenti raggruppati a guisa di alberetti o erbette.

5ª *Stallattiti* e *stallagmiti* diconsi quelle (fig.125.) formate dal deposito di sostanze pietrose disciolte nell'acqua, che geme dalle volte delle grotte: le prime (T) sono appese alle volte e si assottigliano verso il basso, le seconde (M) s'innalzano dal suolo sotto alle stallattiti.

5ª *Pisoliti* appellansi i granelli che, pel sedimento di nuova sostanza minerale, vanno aumentando di volume alla superficie fino ad agguagliare un pisello.

6ª *Ooliti* si domandano i granelli medesimi allorchè ànno l'aspetto di uova di pesce, anche conglutinate insieme.

7ª *Arnioni* si dicono le grosse palle o liscie o coperte di punte cristalline: e *mammelloni* l'insieme di parecchi *arnioni*.

8ª Gli arnioni cavi nell'interno si dicono ora *geòdi*, ora *pietre d'aquila* secondo che nell'interno o sono tappezzati di cristalli, o contengono dei pezzetti mobili.

9ª Sono dette *forme pseudomorfiche* quelle dei minerali, che ànno preso la forma di corpi preesistenti, come sono i modelli di conchiglie, di piante ecc.

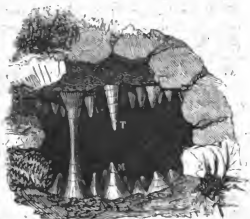
Fig. 125.

10ª *Petrificazioni* vere sono quelle, nelle quali la sostanza organica fu surrogata dalla minerale, conservandone le forme.

11ª Un corpo di forma non riducibile a veruna delle sopraddette riceve il nome di *amorfo*.

12ª La struttura dei minerali è chiamata *lamellosa*, quando essi possono dividersi in laminette di diverse direzioni od essere sfaldati in guisa da riuscire ad una forma cristallina.

13ª *Lamellare* è chiamata la frattura, allorchè collo staccarne le lamine non si riesce ad un cristallo, come in certe pietre calcari.

14ª *Laminare* poi è detta quella, nella quale si separano laminette piccolissime e quasi indiscernibili.

15ª *Schistosa* o *scistosa* chiamasi la frattura in isfoglie irregolari, come accade nell'ardesia.

16ª *Fibrosa, baccillare, aciculare, granulare* od *arenàcea, saccaroide* è detta la frattura che offre la riunione di fibre, di bacchette, di aghi, di grani o sabbia, di pani di zuccaro.

17ª Se il minerale non si mostra formato di parti distinte e facilmente separabili, la frattura riceve i nomi di *scagliosa* ove la superficie presenti piccole scaglie, *concòide* ove si rassomigli allo smalto, *vitrea, resinosa, ceroide* ecc.

18ª Un minerale che offre i colori dell'iride in ogni posizione, alla superficie e nell'interno, è chiamato *iridescente*.

19ª È denominato *opalizzante* il minerale se mostra diversi riflessi in posizioni differenti, come l'*òpale*.

20ª *Marezzamento* o *galleggiamento* è denominata l'emanazione di riflessi a ondate o a getti mobili e fuggitivi.

21ª Sono chiamati *dicròici* e *policròici* i minerali diafani, che appaiono di due o più colori secondo la posizione in cui sono traguardati.

22ª *Deliquescenza* chiamasi il fenomeno, che offrono certi minerali, di assorbire l'umidità dell'aria, e disciogliersi in essa.

23ª È denominato *efflorescenza* il fatto, che s'avvera in certi minerali di perdere nell'aria l'acqua da essi posseduta e cangiarsi in polvere.

88. Descrizione dei minerali. — Essendo nostro principale scopo descrivere le rocce, ci limiteremo qui ad alcune brevi notizie su quei minerali, che formano la parte principale di qnelle.

I. DEFINIZIONI. 1ª Si chiamano *semplici* tutti quei corpi, nei quali non si possono separare due sostanze di differente qualità.

2ª *Metalli* sogliono denominarsi quei semplici, opachi, molto pesanti, non solubili nell' acqua, ma fusibili al fuoco, i quali riscaldati in una parte facilmente si riscaldano anche nelle altre parti, e levigati o compressi con un brunitoio di agata divengono lucidi come specchi.

3ª Tutti i semplici non metallici diconsi *metallòidi*.

4ª I corpi composti di sapore caustico o bruciante, e capaci di inverdire e poi ingiallire le sostanze azzurre vege-

tali, si domandano *alcali*: che è il nome della potassa, già detta *kali* prepostovi l'articolo arabico *al*.

5ª Si dicono *acidi* tutti i composti che facilmente si uniscono agli alcali per formare un nuovo corpo; e molti dei quali ànno anche sapore non molto dissomigliante da quello dell'aceto, e sono capaci di arrossare le sostanze azzurre vegetali.

6ª Quei composti anche non alcalini che facilmente si uniscono agli acidi sono chiamati *basi*.

7ª Le basi risultano per lo più da un metallo combinato col gasse ossigene, che è uno dei due semplici componenti dell'aria, e allora chiamansi *ossidi*.

8ª Fra gli ossidi si chiamano *terre* quelli che sono solubili nell'acqua, e formano la parte principale delle pietre.

9ª Alcune poche terre partecipano alquanto delle proprietà degli alcali e si domandano *terre alcaline*.

10ª I metalli sono chiamati *autòpsidi* o *eteròpsidi* secondo che o si ottengono facilmente puri o sono di quelli che formano le terre.

11ª Anzi i metalli si denominano anche o *alcalini* o *terrosi*, o *alcalino-terrosi* a seconda che formano, unendosi coll'ossigene, o gli alcali, o le terre, o le terre alcaline.

12ª Il risultato della stretta unione di un acido con una base è chiamato *sale*; ma si chiamano sali anche i composti di un metallo coi così detti alogeni, che sono quattro metalloidi (cloro, iodio, bromo, fluoro) ed il cianogene.

13ª Si domanda *sale doppio* ciò che si ottiene quando combinansi fra loro due sali.

14ª Sono chiamati *isomorfi* quei sali, che cristallizzano sotto una forma invariabile, ad onta che si cangi in essi il loro ossido.

15ª Per contrario è detto *dimorfismo* il fatto che un solo minerale esibisca forme appartenenti a tipi cristallini diversi, o che due minerali di uguale composizione cristallizzino secondo due tipi differenti.

II. SCOLII. 1ª Si avverta che gli acidi sono quasi sempre composti di ossigeno, e molto ossigeno; e però questo suole supporsi quando non si nomina che l'altro componente.

Ma quest'esso si fa terminare in *ico* o in *oso*, secondo che l'ossigeno è in maggiore o minore quantità. Il che si costuma anche cogli ossidi: anzi in questi la maggior quantità di ossigeno s'indica col chiamarli *perossidi*.

2° È bene sapere che nel nominare i sali formati da uno dei detti alogeni, il nome di questo si fa terminare in *uro*: negli altri casi il nome dell'acido si fa uscire in *ato*.

3° È stato convenuto di chiamare *carbonio* il metalloido che forma la base del carbone; che ardendo si combina coll'ossigeno e fa l'*acido carbonico*, cioè il gasse della Grotta del Cane presso Napoli; e puro costituisce il *diamante*. Il carbonio combinandosi a poca quantità di ferro costituisce la *grafite*, o *piombaggine*, o *carburo di ferro*, o *ferro carburato*, di cui si fanno le matite dette *lapis piombino*.

4° La *silice* detta anche *quarzo* od *acido silicico* è quella terra, che forma i ciottoli bianchi, scintillanti coll'acciarino, le pietre focaie ed il cristallo di rocca, e costa di ossigeno e del metalloido *silicio*. I. Quando à l'aspetto vitreo e cristallino chiamasi *quarzo ialino*; anzi è detto *cristallo di rocca* o *di monte* se è scolorito e diafano, *quarzo latteo* se è quasi opaco e bianco, *prasio* se per sostanze eterogenee è verdognolo, *sinopia* se è rosso chiaro, *ematoide* o *giacinto di compostella* se è di un bel rosso carico ed opaco, *citrino*, *o giallo* o *falso topazzo* se giallo, *ametista* se violetto, *affumicato* se bruno. II. Il *quarzo compatto* forma dei depositi abbondanti. Il *vetro* è un silicato doppio della notissima terra alcalina detta calce, e di uno dei due alcali pure noti potassa, e soda: il *cristallo* è silicato di piombo con potassa o soda; lo *smalto* è un vetro reso bianco ed opaco coll'ossido di stagno III. Il *quarzo agata* à l'aspetto di concrezione quasi fosse stato depositato dalle acque: e chiamasi *ònice* se à straterelli di diverso colore, *calcedonia* se è azzurrognolo o grigio-chiaro, *corniola* o *cornalina* se rosso, *sardonica* se aranciato o bruno, *crisoprasio* se verde chiaro, *plasma* se verde e quasi diafano, ecc. IV. Le pietre focaie costituiscono il *selce*, o *selce piromaco*. V. Le selci sono spesso ricoperte di una materia terrosa chiara formata in gran parte di *quarzo terroso*: a cui appartiene il

tripolo, talvolta formato da un ammasso di gusci silicei di animaletti microscopici. VI. Il *quarzo resinite* si rassomiglia alla resina; e se è bianco od azzurrognolo ed iridescente dicesi *opàle*: ed *idròfana* se diviene un po' trasparente nell'acqua. VII. Il *diaspro* è opaco perfettamente, e di frattura terrosa; e chiamasi *sinopio* quando è rosso scuro, *eliotropio* o *diaspro sanguigno* se è verde con punti rossi, *pietra di paragone* o *quarzo lidio* se è nero, *ciottolo di Egitto* se à varii i colori disposti a zone concentriche.

5° Tutti conoscono lo *zolfo* che è un metalloido giallo chiaro, che arde con fiamma azzurrognola, mandando odore a tutti noto; ed unito all'ossigeno fa gli *acidi solforoso* e *solforico*, ossia *olio di vitriolo*.

6° Venendo ora ai sali alcalini I. chiamasi *nitro* o *potassa nitrata*, o *nitrato di potassa* un composto di *ossido* del metallo *potassio* e di *acqua forte*, od *acido nitrico*, che à per radicale il *nitrogene* o *azoto*, cioè l'altro dei due componenti dell'aria. II. È detto *soda carbonata*, o *soda*, o *alcali minerali*, *natron*, *trona* un composto di *acido carbonico* e *soda* od *ossido* del metallo *sodio*. III. Si domanda *borace* o *soda borata*, o *borato di soda* il sale costituito da soda e dall' *acido* del metalloido *boro*. IV. È chiamato *salgemma*, *soda muriata*, *cloruro di sodio*, *sal marino* il sale comune composto dal metalloido *cloro* e dal metallo sodio.

7° Quanto ai sali terrosi si chiama *celestina*, *strontiana solfata*, *solfato strontico* il sale formato di acido solforico; e della terra strontiana, che è l'ossido del metallo *strontio*.

8° La *calce* è una terra conosciuta ed assai utile, è precisamente un ossido del metallo *calcio*. I. Sotto nome di *calce carbonata*, *carbonato di calce romboedrico*, *calcario* o *calcare* s' intende il sale formato di calce con acido carbonico. Quando tal sale è limpido e trasparente è chiamato *spato d'Islanda*, se no *spato calcare*. Le *stallattiti* e *stallagmìti* sono *calce concrezionata* o *tufo calcareo*; lo stesso dicasi dell' *alabastro*; il *travertino* è calce carbonata abbastanza dura, depositata a strati di vario spessore nel fondo delle acque: tutti i *marmi* antichi e moderni sono formati di calce carbonata compatta o saccaroide variamente colorita. II. La così

detta *arragonite*, *carbonato di calce prismatico*, *calce carbonata dura*, *igloite* è la stessa cosa ma sotto forme cristalline di diverso genere. III. La *calce fluorata* o *fluorite*, *spato fluore*, *fluoruro di calcio*, *fluorina* è la combinazione del calcio col metalloido *fluoro*. IV. La *calce solfata* o *gesso* o *selenite* è solfato di calce idrato cioè con acqua. Quando tal solfato manca di acqua è detto *calce anidrosolfata* od *anidrite* o *gesso anidro*, *muriacite*, *vulpinite*.

9° *Periclasio* o *magnesia* è un ossido del metallo *magnesio*. È detta I. *magnesia carbonata* o *giobertite* quando è combinata coll'acido carbonico e cristallizzata romboedricamente; II. *magnesite* o *magnesia carbonata silicifera* un vero silicato di magnesia idrato; III. *dolomia*, *dolomite*, *calce carbonata magnesifera*, o *lenta*, *spato perlaceo*, *miemite* se è composta di carbonato calcico e carbonato magnesico.

10° L'*allumina* è un ossido del metallo *alluminio*, e pura forma la pietra dura conosciuta sotto nome di *corindone* o *rubino*, o *telesia*. Il quale à tre varietà: I. *corindone armòfano* o *spato adamantino* grigio giallastro o verdognolo e lamelloso; II. *corindone ialino* diafano, che lavorato dicesi *zaffiro bianco* se è senza colore, *rubino orientale* se rosso, *zaffiro orientale* se azzurro, *topazzo orientale* se giallo, *ametista orientale* se violetto, *smeraldo orientale* se verde. III. *Smeriglio*, che è la varietà *granulare*. L' *allumina naturale* o l'*allumite* è un solfato doppio d'allumina e potassa idrata.

11° Passando ora a dire qualche cosa dei metalli, il *manganese ossidato* è il metallo manganese nel suo stato ordinario; e trovasi anche *idrato* cioè con acqua.

12° I. Alla superficie del suolo si sono ritrovate delle masse di *ferro* quasi puro, che si suppongono cadute tutte dall'atmosfera, e però chiamate *ferro meteorico*. II. Il ferro ed il solfo fanno due combinazioni ben differenti, una contiene 1 atomo di ferro e 2 di solfo, la seconda ne contiene 8 di questo e 7 di quello. La prima è detta *pirite*, la seconda è il *ferro solforato magnetico* o *pirite magnetica*. III. L'arsenico è un metalloido, e l'*arsenio-solfuro* di ferro è ciò che chiamasi *ferro arsenicale*, *pirite arsenicale* o *bian-*

ca. IV. L'ossido ferroso-ferrico si chiama *ferro ossidulato* o *magnetico*, e se è meglio attratto dalla calamita dicesi anche, ed è, la vera *calamita* naturale. V. Quando al ferro è combinato molto ossigeno si forma il così detto *perossido di ferro, ferro oligisto, ferro ossidato rosso, ferro speculare, o micaceo*. VI. L'idrato di ossido di ferro si chiama *ferro idrato* o *limonite, ferro ossidato bruno, ematite bruna, ferro idrossidato*. VII. Secondo che l'ossido di ferro trovasi combinato cogli acidi o del metallo *cromo*, o del carbonio, o del metallo *titanio* prende nome ora di *ferro cromato*, ora di *ferro carbonato, ferro spàtico* o *sideroso*, ora di *ferro titanato*, *ilmenite*, *menacanite, sabbia titanìfera, nigrina, tantalite*: e quest'ultimo numero di sinonimi indica la varietà dei composti di ossido ferrico ed acido titanico.

13° I. Il più abbondante dei minerali del metallo *zinco* è lo *zinco solforato* detto anche *blenda*, che è un vero *solfuro di zinco*. II. Lo *zinco carbonato* detto *smitsonite* è quello, donde si estrae lo zinco di commercio.

14° Il *cinabro* o *mercurio solforato* è un minerale di *idrargiro*, che è l'unico metallo liquido. Quando non è rosso vivo, ma rosso bruno vien chiamato *cinabro epatico*.

15° I. Il *piombo* fa collo zolfo il *piombo solforato o galena*. II. Vi è lo *stagno ossidato* che si chiama anche *cassiterite*. III. Il *rame piritoso* o *calcopirite* è il minerale di rame il più abbondante, e somiglia alla pirite di ferro; ma trae al verdastro.

16° Veniamo ora ai *silicati*. Ed in prima quanto ai *silicati alluminosi* I. quello *anidro* di colore celeste è chiamato *disteno, cianite, scorlo azzurro, sapparite*; II. quello *idrato* forma comunemente l'*argilla*, *o* la *creta*; che è una sostanza terrosa, ed untuosa, che assorbe l'acqua, e fa pasta con essa, s'indurisce al fuoco, allappa alla lingua, e col bagnarla dà un odore suo proprio. Vi sono varie argille, perchè vi sono uniti accidentalmente altri minerali. L'argilla, che è una specie di sapone terroso, è detta *smectica* o *da folla*; la propriamente detta à il soprannome di *plastica*, se può facilmente modellarsi ed è quasi infusibile, quello di *figulina* se resiste di meno al fuoco, di *caolino* od *argilla da porcel-*

lana se è anche più pura ed infusibile della plastica: l'*argilla calcare* o *marna* è quella che contiene del carbonato calcico: la *terra bolare* è così abbondante di ferro da assumere un bel colore rosso: le *argille bituminose* o *piombaggini* contengono molto bitume e servono a far crogiuoli per fondere metalli: l'argilla ferruginosa è detta *ferretto*.

17° Relativamente ai *silicati d'allumina e calce ed isomorfi* nomineremo I. i *granati* che trovansi per lo più cristallizzati, e ricevono i nomi di *grossularie* se sono verdastri o rosso-aranciati chiari, di *almandina* se rosso-violetti, di *melanite* se l'allumina è in gran parte sostituita dal perossido di ferro, ecc. II. L'*idrocrasio* o *vesuviana* o *lobolte* che differisce dal granato nel tipo cristallino. III. L'*epidoto*, *pistacite*, *zoisite*, *scorza*, *acantonite*, *stralite*, *tallite*, che è grigio o verde-scuro. IV. Lo *smeraldo*, *berillo*, od *acqua marina*.

18° Fra i *silicali alluminoso-alcalini ed isomorfi* si distinguono I. i *felspati:* i quali si chiamano *ortosio*, *ortoclasio* o *vero felspato*, *pietra delle amazzoni* se contengono potassa con tracce di calce e di ferro, *resinite* o *retinite* se ànno l'aspetto resinoso; *ossidiana* se appartengono a terreni vulcanici, e somigliano al vetro ed allo smalto; *pomice*, se sono fibrosi, leggieri, duri e di terreni vulcanici; *riacolite*, se fusibili sui lembi delle fiamme, e coloranti queste in giallastro. II. La *labradorite*, di color grigio con riflessi iridescenti, che si trova specialmente nei terreni vulcanici, e contiene calce, soda ed ossido di ferro. III. *Albite*, che somiglia all'ortese e contiene soda e calce con tracce di ossido ferrico. IV. *Amfigeno* o *leucite*, *granato del Vesuvio*, o *leucolite*, che è sempre in trapezoedri bianchi, o grigi o color di carne.

19° In ordine ai *silicati alluminosi idrati con alcali e calce* nomineremo i *zeoliti*, fra i quali i principali sono I. l'*analcimo*, che forma dei trapezoedri e degli esatetraedri; II. il *mesotipo*, che è in cristalli allungati, e masse bacillari raggiate; III. l'*apofillite*, che è un prisma quadrato; IV. l'*armatomo*, che fa cristalli uniti a forma di croce.

20° Per quel che concerne i *silicati non alluminosi* citeremo I. i *silicati magnesiaci*, e fra questi il *talco* che è untuoso, tenero, donde si separano colle unghie delle la-

mine trasparenti, flessibili, ma non elastiche; II. il *peridoto* od *olivina* o *crisolite* di color verde giallastro, e quasi sempre in granelli; III. La *serpentina* che è tenera, ma tenace e non saponosa, di un verde per lo più intenso e spesso variegato come la pelle dei serpenti. Un calcare che contiene del serpentino si *chiama oficalce*.

21° Riguardo ai *silicati a base di zirconio* abbiamo I. il *giacinto*, *giargone*, *zirconite*, *ceilanite* minerale rosso-bruno in forma dodecaedrica, e giallo-bruno o verdastro in prismi quadrati. II. L'*amfibola* o *scorlo verde* che si divide in tre specie: una delle quali è nera e dicesi *orniblenda*, l'altra è verde e chiamasi *attinoto*, la terza è bianca e à nome *tremolite* o *gramatite*. III. Il *pirosseno* diviso in verde o *diopside* che è traslucido, ed in nero scuro ed opaco, detto *augite*. IV. L'*ipersteno*, minerale di color nero ed aspetto metalloide, o di color rosso di rame con riflessi bronzati. V. *Diallagio* di due specie; una delle quali è bruna verdastra scura detta *bronzite*, l'altra à color verde smeraldo ed è chiamata *smaragdite*.

22° Per quello che s'attiene ai *silicofluati*, che sono acido silico con acido fluorico combinati con ossidi metallici, trovansi I. il *topazzo* più o meno trasparente di color giallo vario; II. la *mica* o *vetro di Moscovia* che coll'unghia si divide in laminette flessibili ed elastiche. Il calcare o marmo saccaroide, che contiene mica o talco in modo da divenire scistoso e venato di verdognolo, è detto *cipollino*.

23° Quanto ai *silico-borati* nomineremo la sola *tormalina* o *scorlo elettrico*, che è un minerale sempre cristallizzato ed in masse aciculari o bacillari.

24° Relativamente ai *silicati solforiferi* I. il *lapislazzuli* o *lazulite* è noto a tutti; II. l'*haugna* e lo *spinellano* sono quasi sempre cristallizzati ed in dodecaedri romboidali.

25° Finalmente in ordine ai *silicati alluminati* I. lo *spinello* contiene il *rubino spinello* de' gioiellieri di color rosso vivo, il *rubino balascio* vinoso, la *candite* nerocupa, la *ceilanite* verdebruna, il *pleonasto* nero. II. Il *cimofano* o *crisoberillo*, o *crisopale*, trovasi in cristalli arrotondati con riflessi azzurrognoli, e con una tinta lattea marezzante.

26ª L'ultima classe dei minerali è quella de' combustibili, che provengono dall' alterazione naturale di sostanze organiche; e se ne possono distinguere tre specie: resine, bitumi, e carboni fossili. I. Quanto alle *resine* vien prima il *mellite* composto del sugo di mela o *acido malico*, allumina, ed acqua; poi il *succino* o *ambra*, che fu il primo a mostrare l'elettricità; quindi quella detta *retinasfalto*, che è in frammenti rotondi allungati e coperti d'una crosta rugosa grigia. II. In ordine ai *bitumi* sono noti il *petrolio* od *olio di nafta*, od *olio di sasso*; e l' *asfalto* che sembra carbon fossile, ma si fonde alla temperatura dell' acqua bollente, di cui è una varietà il *bitume elastico* o *caoutchouc* minerale. III. In fine i *carboni fossili* sono di quattro specie. Prima *antracite* o *geantrace* o *carbone splendente*, nero, di splendore semimetallico, che fa bragia solo con gran calore, ed i cui frantumi nell' ardere non si agglutinano fra loro. Seconda *litantrace* od *eleantrace* nero vellnto con frattura scistosa, che riscaldato in vasi chiusi dà il gasse dell' illuminazione e lascia un carbone duro brillante detto in italiano *arso*, in inglese *coke*. Terza *fitantrace* o *ligniti*, che ànno caratteri molto varii, mentre alcune ligniti sono compatte, altre scistose, altre terrose; e ve n' à delle nere, delle brune, delle lucenti: ne è una varietà la *terra d'ombra* dei pittori. Quarta la *torba*, che si forma per l'alterazione delle erbe e delle radici, ed arde come il legno.

89. Classificazione e descrizione delle rocce.— I. DEFINIZIONI. 1ª Chiamasi *roccia* ogni massa minerale, che possa ritenersi come una delle parti principali della corteccia del globo.

2ª Si dicono *semplici* od *omogenee* le rocce, che sono formate di una sola specie minerale.

3ª Le rocce costituite dalla riunione di più minerali vengono dette *composte* od *eterogenee*.

4ª Quelle fra le composte che, in virtù della confusione delle parti costituenti, ànno l'apparenza di omogeneità si appellano *crittògene* o *adelògene* per distinguerle da quelle, che sono manifestamente composte, e chiamansi *fanerogene*.

5ª Una roccia è detta *cristallina* quando costa di parti di

figura in qualche modo regolare e geometrica, le quali si penetrano e s'intrecciano a vicenda o senza cemento affatto, o con cemento di grana cristallina.

6ª È poi denominata *frammentaria* una roccia, le cui parti, non aventi forma cristallina, cioè geometrica, sono tenute insieme da un cemento qualunque.

7ª La struttura cristallina assume anche il nome di *granitica*, allorchè tutta la roccia è di grani uniti immediatamente ed intrecciati fra loro, come nel granito comune.

8ª La stessa struttura cristallina prende nome di *schistosa* o *scistosa*, quando le parti sieno disposte a sfoglie distinte o sovrapposte una all'altra.

9ª È detta *porfirica* la pasta cristallina, ove sono disseminati dei cristalli di diverso colore: e *poligenica* se è composta di frammenti di molte rocce diverse.

10ª *Amiddalòide* o *amigdaloide* si domanda la pasta cristallina, che contiene noccioli o ghiandellini di sostanze diverse, sotto forma di mandorle sparse irregolarmente e non del tutto aderenti alla massa.

11ª La struttura cristallina delle rocce, che contengono delle piccole sfere, spesso a strati concentrici, è chiamata *orbicolare*; e *variolare* se le sfere sono appena abbozzate.

12ª Le rocce a frammenti diversi non minori di un'avellana, ed angolosi, solidamente cementati, domandansi *brecce*.

13ª Quelle a frammenti di rocce diverse, di consistenza solida, voluminosi come sopra, ma tendeggianti come i ciottoli, e riuniti da un cemento di consistenza solida, sono denominati *puddinghe*.

14ª *Conglomerati* sono da alcuni chiamate le rocce composte di frammenti più grossi d'un pugno, oppure di varia grandezza, ma formanti masse non molto coerenti.

15ª Rocce *clastico-cristalline* sono chiamate quelle formate da un'azione meccanica riunita con quella di cristallizzazione, come il *mimofiro*, che è una massa argillosa indurita con grani di felspato e di materie diverse, e quindi colla struttura porfirica e frammentaria insieme.

16ª Si distinguono col nome di sabbie i frammenti pietrosi, opachi, ruvidi, irregolari di varia natura.

17ª Diconsi poi *arene* i frammenti pellucidi, levigati, cristallini, quasi interamente silicei o metallici, come la sabbia nera, che è un titaniato di ferro.

18ª Sotto nome di *arenarie* o francescamente *grés* s' intendono le rocce che ànno origine da sabbie o arene cementate da un succo lapidifico calcare o silicico.

19ª L'arenaria formata da granelli di quarzo, mica e argilla uniti da cemento poco consistente è detta *molassa*; e *macigno* poi se gli stessi sono più solidamente cementati.

20ª L'*arcosa* o *granito rigenerato* è l' arenaria composta degli elementi del granito impastati da cemento argilloso: la *psammite* è con molto mica e cemento argilloso: la *grovacca* con cemento assai ricco di silice.

21ª È detto *moia* il fango bruniccio rigettato talora dai vulcani con acqua e pesci: e *roccia ossifera* se contiene delle ossa.

22ª Per *granito* s' intende una roccia composta essenzialmente ed ugualmente di quarzo, felspato ortosio, e mica. Ma alcuni conservano lo stesso nome alla roccia, alla quale manchi il felspato; e la quale dicesi propriamente *granito quarzoso*. Se poi i cristalli di felspato acquistano dimensioni considerevoli, dando origine ad una specie di granito porfiroide allora abbiamo il così detto *serizzo ghiandone*.

23ª Quando nel granito alla mica viene sostituito il talco o la steatite o la clorite, la roccia si chiama *protogino*: *sienite* se vi è sostituita l'amfibola; *granito grafico* o *pegmatite* se è composta solo di felspato lamellare e quarzo, e *granitoide* se questi ultimi elementi sono disposti confusamente.

24ª *Granito venato* o *gneiss* è una specie di granito, ove il quarzo è disposto in lamine rigonfie e separate da lamine di mica e di felspato. Si chiama *bevola* quando è molto scistosa, *serizzo* se è compatta, *gneiss micaceo* se il mica abbonda, *talcoso* o *amfibolico* se invece vi è il talco, o l'amfibola.

25ª La *leptinite* o *felspato granulare*, *petroselce* o *granulite* è composta quasi per intiero di felspato granulare.

26ª L'*eurite* o *petroselce* è tutta di felspato compatto con frammenti di piccoli cristallini di altre sostanze.

27ª È detta *porfido* la roccia formata di una pasta di eurite, di colore traente sempre al rosso e contenente cristalli ben formati di felspato ortosio e granelli bipiramidali di quarzo. Il calcare che contiene degli altri minerali a mo' del porfido si chiama *calcifiro*.

28ª Sotto nome di *quarzite* intendesi una roccia di quarzo quasi granulare di frattura scabrosa o semivitrea.

29ª Il *micascisto* è composto di mica abbondante e continuo con un po' di quarzo o fors' anche di felspato.

30ª Lo *steascisto* o *scisto talcoso* è una roccia a base di talco, scistosa, untuosa al tatto.

31ª Il *cloroscisto* è di clorite mescolata ad altre sostanze, sfoglioso, tenero, verdebruno.

32ª L' *eufotide* o *granitone* o *verde di Corsica* sembra serpentino, perchè contiene molte lamine di diallagio sparse in un felspato granulare, compatto di frattura scheggiosa, verdastro detto *giada*.

33ª L'*eglogite* è formata da pasta di diallagio verde più o meno intenso e di granati disseminativi.

34ª L'*iperstenite* o *selagite* è composta di felspato, labradorite in cristalli biancastri, e *iperstene* in laminette brune.

35ª L' *andesite* risulta da cristalli bianchi minuti di albite riuniti e misti ad altri neri di amfibola.

36ª L'*amfibolite* è l'amfibola che forma una roccia da sè.

37ª La *diorite* è composta di amfibola orniblenda, lamellosa, opaca, verdognola o nerastra e di albite bianca compatta.

38ª La *spilite* sembra labradorite con amfibola e pirosseno, à apparenza omogenea, terrosa, e riveste colori oscuri.

39ª *Trappi* diconsi le rocce di colori oscuri, dure, compatte, e che si suppongono risultare da amfibola e qualche felspato; o le quali, non contenendo alcun minerale distinto, non si sa a qual classe veramente appartengano.

40ª *Tefrina* si dicono le lave dei vulcani attuali italiani, composte in generale di pirosseno o labradorite con pochi minerali accidentali.

41ª Il *basalte* offre un aspetto omogeneo, grigio piombino, tessitura fina e quasi saccaroide, ed è formato di minu-

tissimi cristalli, appena visibili, proprii e di altri minerali. Se non contiene ferro, ed è più tenero e sparso di macchie rotonde, chiamasi *vaca*. Se poi la labradorite è sostituita dall'amfigeno, domandasi *leucitofiro*. Se finalmente i cristallini sono visibili ad occhio nudo, appellasi *dolerite*.

42ª Il *peperino* o *tufo basaltico*, o *pozzolana* è una roccia formata dalle ceneri e arene vulcaniche agglutinate dall'acqua, e talora anche da infiltrazioni calcaree; e contiene granelli di altre rocce.

43ª Il *melafiro*, *porfido pirossenico* o *nero* è una roccia quasi nera con pasta di minuti e grossi cristalli di pirosseno e labradorite.

44ª *Lerzolite* dicesi la roccia di tutto pirosseno, dura, di tessitura sublamellare, e giallognola.

45ª Le rocce *trachitiche* contengono della riacolite invece della labradorite, e si distinguono coi nomi di: *leucostina* le lave, che non contengono nè pirosseno nè peridoto; *trachite* se non ànno nè quarzo nè peridoto; *perlite* se costituiscono una roccia a frattura vitrea e splendor grasso; *fonolite* se abbiano molta riacolite e poco mesotipo, e dieno un suono loro particolare; *tufo trachitico* o *peperino pumiceo* se compongonsi di grani di trachite e pomice con cemento argilloso.

46ª Rocce *ardesiache* vengono chiamate quelle che ànno per base un'argilla indurita, e provengono dagli elementi del micascisto fusi insieme in una massa omogenea disposta a sfoglie continue.

47ª *Fillade* o *scisto* è la roccia ardesiaca a cui appartengono le *lavagne*, lo *scisto da coti* o *novacolite* o *pietra da rasoio*, e lo *scisto grafico* o *pietra d'Italia*.

48ª Chiamansi *precipitati chimici* le deposizioni di sostanze dapprima disciolte in un liquido, non separabili da questo che per l'evaporazione, o per un cangiamento chimico, cioè per qualche composizione o decomposizione. Son tali le *stallattiti* dette anche *colaticci*, la *silice*, ed il ferro *idrato* o *limoso*.

49ª Si dà nome di *sedimenti* ai depositi di sostanze semplicemente sospese nell'acqua, e che si possono separare da

essa per filtrazione. Sono tali i *sedimenti marini* che si formano sul mare o sulle sue coste, ed i *terrestri* o *fluvioterrestri* che provengono dalla corrosione delle rocce prodotta dalle piogge o dal gelo.

50° Le rocce si domandano di *formazione chimica* se consistono in precipitati chimici, di *formazione meccanica* se costano di sedimenti.

II. SCOLII. 1° Le rocce semplici si dividono in rocce a base di combustibili non metallici, a base di metalli autòpsidi, e a base di metalli eteropsidi. I. Le prime comprendono lo *zolfo* (colle sue varietà, e gesso, bitume, celestina); le *rocce carboniose* (antracite, litantrace, lignite, torba, moia); il *quarzo* (con tutte le sue varietà non cristalline); i *silicati* (cioè disteno, granato, idrocrasio, epidoto, felspato, albite, retinite, perlite, ossidiana, amfibolo, orniblenda uniti a varii minerali, pirosseno verde, mica, clorite, serpentino, talco, steatite). II. Le *rocce a base di metalli autòpsidi* sono costituite da varii minerali (cinabro; pirite comune, cuprica, arsenicale, e magnetica; stagno ossidato; galena; blenda; zinco carbonato e silicato; ferro ossidulato, oligisto, idrato, carboniato, titaniato e meteorico; manganese ossidato e idrato). III. Le *rocce a base di metalli eteropsidi* sono *salgemma* (con gesso, argilla, lignite); *natron* (con argilla, salgemma, e lignite); *borace*, *celestina* (con solfo), *calcaria* (e tutte le sue varietà); *dolomite*; *anidrite*; *gesso*; *fluorite*; *giobertite*; *magnesite*; *allumite* (ed altre terre alluminifere).

2° Le rocce composte distinguonsi primamente in cristalline e frammentarie. Queste sono costituite dalle *rocce clastico cristalline* (cioè mimofiri quarzoso, petro-selcioso, argilloso, trachitico, ecc.); *brecce* (granitiche, porfiriche, argillose, selciose, ossifere, poligeniche, ecc.); *puddinghe*; *conglomerati* (trachitici, granitei, pomicei, ecc.); *argille* (plastica, scistosa, sabbiosa, micacea, bituminosa); *marna*; *sabbie*; *arenarie* (molassa, macigno, arcosa, grovacca, ecc.).

3° Le rocce cristalline comprendono le rocce I. *felspatiche col feldispato laminoso* o *granelloso* (granito, protogino, sienite, pegmatite, gneiss, leptinite; II. *feldispatiche compatte* (eurite, porfido); III. *selciose* (quarzite, tripoli); IV. *micacee*

(mica scisto); v. *talcose* (steascisto, cloroscisto); vi. *diallagiche* (eufòtide, eclogite); vii. *iperstениche* (iperstenite); viii. *amfiboliche* (andesite, amfibolite, diorite, spilite, e trappi); ix. *pirosseniche* (tefrina, basalte, vaca, peperino, leucitofiro, dolerite, melafiro, lerzolite); x. *trachitiche* (leucostina; trachite, perlite, fonolite, tufo trachitico); xi. *disteniche, topaziche, analcimiche*; xii. *calcaree* (oficalce, cipollino, calcifiro); xiii. *ardesiache* (fillade).

90. Disposizione ed origine delle rocce. —

I. DEFINIZIONI. 1° Il minerale, esempigrazia la lava, che riempie una fessura del suolo, forma ciò che dicesi un *filone*.

2° Quello poi che sporge dalla roccia, in cui è racchiuso, fa delle striscie rialzate che si domandano *dicchi*.

3° Vengono denominati *massi erratici* o *trovanti* certi voluminosi frammenti, che s'appoggiano ad un terreno di varia natura, e costano di rocce costituenti qualche montagna assai lontana.

4° La stratificazione prende il nome di *concordante*, o *discordante* secondo che gli strati deposti successivamente sono fra loro paralleli, oppure ad angolo.

II. SCOLII. 1° Le dottrine premesse nei paragrafi precedenti erano indispensabili alla intelligenza della Geologia. Intorno alla quale principieremo dall'avvertire che la spessezza della corteccia terrestre, della quale possiamo discorrere, dalla più alta (quasi 6000 metri) cima dell'Imalaia sino alla maggiore profondità, a cui giungono le deduzioni tratte dalle esplorazioni delle miniere (non più basse di 700 metri dal livello del mare), non giunge a 14000 metri, cioè a circa $^1/_{455}$ di raggio terrestre.

2° Avvertiremo ancora che le rocce possono venire classificate in due diversi modi: uno detto *genealogico* relativo alla loro origine, e l'altro *cronologico*, nel quale si à riguardo alla loro età.

3° Si noti inoltre che le sabbie, le argille, le marne, le arenarie, e le calcarie, sì per la loro natura, come per essere stratificate e sparse di fossili, si riconoscono formate dall'acqua. Ma le lave, le scorie, le ceneri, le ossidiane, le trachiti, il basalte, come pure i silicati fusibili ad un in-

tenso calore e di struttura massiccia e cristallina mostrano a chiare note la loro origine ignea. Ed in fine il calcare saccaroide, la dolomia, certi gneiss, micascisti, ecc., che partecipano alla natura delle prime e delle seconde, non sono certamente che rocce sedimentarie alterate dalle rocce di origine ignea. La terra vegetale è un sottile strato superficiale di composizione assai complicata e costituito da residui di animali e vegetali ridotti allo stato terroso.

4° La corteccia terrestre è costituita da una serie numerosa di rocce stratificate sovrapposte le une alle altre, appoggiate sopra nuclei ed attraversate da filoni di origine ignea. Se ogni strato fosse parallelo agli altri, e racchiudesse gli stessi fossili, se ne potrebbe dedurre l'età dal solo suo trovarsi più alto o più basso. Ma ve n'à degli orizzontali, degli inclinati, dei verticali, degli sconvolti in varie guise, dei sovrapposti con stratificazione discordante e con fossili differenti. Perciò a conoscere l'età relativa dei sedimenti convien riguardare le seguenti regole. I. Quando due gruppi di strati sovrapposti sono discordanti, contengono per lo più fossili differenti; e quindi appartengono a due epoche diverse, e gl'inferiori sono più antichi. II. Spettano ancora ad epoche diverse, se sono concordanti, ma ànno fossili differenti. III. Se ànno gli stessi fossili, e sono ancora concordanti, si ritengono della stessa epoca. IV. Quanto a paesi distanti, possono dirsi della stessa età due gruppi che mostransi composti della stessa roccia, e con maggior probabilità se occupano lo stesso posto in riguardo ad un altro di età ben determinata, e più sicuramente ancora se contengono gli stessi fossili.

III. ALTRE DEFINIZIONI. 1° Sono chiamate *idriche*, *acquee*, *sedimentarie*, *nettuniche*, ed anche *esògene* le rocce prodotte dall'acqua.

2° Ricevono il nome di rocce *piriche*, *ignee* ed *endògene* quelle, che ànno avuto origine da una fusione.

3° Fra le rocce piriche sono denominate *vulcaniche* quelle, che sono simili alle eruttate dai vulcani attuali.

4° Le rocce piriche simili alle vulcaniche, ma differenti in forma e giacitura, le quali non formano correnti, ma filo-

ni, monticoli collegati con filoni e dicchi, a cagion d'esempio, il basalte, da alcuni si domandano *piroidi*.

5ª I graniti, i porfidi e simili rocce di origine pirica e non vulcanica, di struttura cristallina, non stratificate e prive di fossili ricevono il nome di *rocce plutoniche*.

6ª Le rocce sedimentarie alterate dal calore, e dall'azione chimica delle piriche domandansi *metamorfiche*.

7ª Si dà nome di *potenza* all'estensione di una roccia.

8ª Due gruppi di strati appartenenti a due epoche diverse si dicono formare due diversi *terreni*, ed un solo *terreno* quelli della stessa età.

9ª *Fauna* è detta la carta o il quadro, in cui veggonsi determinate e descritte le specie degli animali viventi in un dato paese ad una certa epoca.

IV. ALTRI SCOLII. 1º I primi Geologi divisero i terreni in *primarii* e *secondarii*, secondo che sono o no privi di fossili. Più tardi vi fu chi, prendendo per regola non l'età ma ancor l'origine loro, li distinse in *primarii*, *secondarii*, *terziarii*, e *vulcanici*. Altri li distribuirono in *primitivi* (privi di fossili e costituenti il nocciolo del globo), *di transizione* (simili ai precedenti, ma con fossili); *secondarii* (le calcarie, arenarie, ed argille ricche di fossili), ed *alluviali* (le materie mobili superficiali). Contro le quali divisioni si nota che non si possono trasandare i terreni terziarii, che sono distintissimi pei loro fossili, e per la debole coerenza; nè si può ammettere che tutte le rocce sieno prodotte dall'acqua, e non vi abbia altra distinzione che quella dell'età, nè che questa debba arguirsi dal solo criterio della sovrapposizione. Anzi le rocce dette primitive, come il granito e i porfidi, talora stanno sopra a quelle secondarie e di transizione, e mostrano essere uscite dall'interno del globo in istato di fusione; e di più è evidente l'esistenza delle rocce metamorfiche. Posto ciò i più moderni distinguono i terreni in *ignei*, *sedimentarii*, e *metamorfici*, e li distribuiscono secondo la loro età relativa.

2º Quanto a questa, essi classificano i terreni sedimentarii in quattro epoche: *quaternaria*, *terziaria*, *secondaria*, e *paleozoica* cioè degli animali antichi. La quaternaria à due terreni: l'attuale e il diluviale; la terziaria abbraccia il ter-

ziario superiore, il medio, e l'inferiore; la secondaria risulta dal cretaceo, giurese, e triasico: alla paleozoica se ne riferiscono quattro, il permiano, il carbonifero, il devonico, il silurico. Ma ogni terreno si suddivide in piani.

3° Il *terreno contemporaneo* od *attuale* detto anche *alluvionale moderno*, *diluvionale moderno*, *posdiluviale*, *quaternario*, à per principali formazioni la terra vegetale, le torbiere, i depositi salini, e quelli delle sorgenti, dei fiumi, de' ghiacciai, e del mare. Contiene fossili simili ai viventi, ossa umane talora incrostate e petrificate da succhi lapidei, vasi di terra cotta, armi, ecc. Ma vi è da notare la scomparsa di qualche specie animale nell'epoca storica.

4° Il *terreno di trasporto*, chiamato *diluviale*, *alluvionale antico*, *clismico*, *erratico*, *pliostocenico*, contiene massi erratici, ghiaie, ciottoli, sabbie, arene talora aurifere, argille, ferretto, puddinghe fluviatili, brecce, caverne ossifere, fossili analoghi ma non uguali ai viventi, fra i quali quelli dei climi caldi da per tutto. À per carattere generale confusione di depositi, orizzontalità di strati, mancanza di ossa umane fossili, ed impronta di un generale cataclisma.

5° Venendo ora all'epoca terziaria, il *terreno superiore* o *subappennino* o *pliocenico* è d'origine marina, e ben caratterizzato alla base degli Appennini. Nei quali è formato superiormente da sabbie bianche o giallicce con ostriche, pettini, e simili; ora agglutinate in molassa, ora sostituite da un conglomerato o calcareo o granitico, ed inferiormente da una marna azzurrognola con molte e ben conservate conchiglie, sostituita talora da calcarea. Vi si trovano fossili mammiferi, uccelli anche corridori, rettili, insetti, pesci, ed una infinità di conchiglie analoghe alle viventi ma di specie diversa. I suoi strati non sono molto inclinati, ma sempre discordanti dai superiori, e perciò si debbono riputare sollevati sul principio dell'epoca attuale.

6° Il *terreno terziario medio* o *miocenico* o *della molassa* o *faluniano* è formato di calcaree, puddinghe, marne, ed arenarie, con gesso, alabastro, solfo, ligniti, ed à qualche deposito anche lacustre e misto. Contiene i quadrupedi dai Francesi chiamati *falun* (donde il nome del piano), i masto-

donti, orsi, rinoceronti, tapiri; non che palme e piante di paesi caldi. E poichè le colline costituite dagli avanzi di tal terreno ànno grande estensione, bisogna dire che provengano da un cataclisma generale.

7° Il *terreno terziario inferiore* od *eocenico* o *cretaceo superiore* è composto di calcarce grossolane, marne, argille, e poche rocce arenacee; ed è il più antico, in cui rinvengansi avanzi certi di mammiferi (anche non più viventi), di uccelli, di serpenti, e molte (fig. 126.) nummuliti. È tipo della parte superiore il bacino di Parigi, donde il nome di *piano parigino*, e dell'inferiore quello di Soisson (*Augusta Suessionum*), e quindi il nome di *suessoniano*.

8° In generale i terreni terziarii, detti anche *sopracretacei*, offrono l'aspetto di sedimenti depositati con tranquillità, ma interrotti da perturbazioni generali e da oscillazioni locali. Nell'epoca eocena si trova gran quantità di alghe, nella miocenica predominano i monocotiledoni, i dicotiledoni nella pliocenica. In tal' epoca sgorgarono dalla corteccia terrestre le rocce piriche mimosite, fonolite, trachite, amfigenite.

Fig. 126.

9° Quanto ai *terreni secondarii* detti *ammònici*, essi ànno superiormente il gruppo detto dei *cretacei*, perchè ne è parte principale la calce carbonata bianca e terrosa, cui i Francesi chiamano *craie* e molti Italiani *creta*. Tali terreni ànno composizione varia nei diversi luoghi. In Inghilterra (dove ànnovi di sopra molti banchi di creta bianca e perciò è chiamata *Albione*), in Danimarca, in Francia, nel Belgio il terreno cretaceo à in alto un calcare pisolitico che forma il *piano daniano*, poi la vera creta bianca, che forma il *piano senoniano* assai sviluppato a Sens (ove abitavano i *Senones*); quindi una creta bianca con infiniti granelli verdi, di cui si à il tipo nella Turenna (già *Turonia*),

e fa il piano *turoniano*: più in basso altri strati di creta cloritica ben caratterizzati a Mans (già *Cenomanum*) e però forma il piano *cenomaniano*; più sotto ancora un gruppo di marne argillose e sabbie verdi con fossili speciali, cioè il *piano albiano*, bene sviluppato ad Aube (*Alba* degli antichi); ed in fine delle argille, marne, calcaree, anenarie, ecc., di varii colori, che quanto ai caratteri paleontologici si suddividono in due piani, quello di Apt o *aptiano*, e quello di Neufchâtel (*Neocomium*) o *neocomiano*. Vi abbondano i brachiopodi, i briozoarii, i cefalopodi tentaculiferi, i pesci cicloidi e ctenoidi, gli uccelli palmipedi, e varie razze di foraminiferi; e vi si veggono le tracce di oscillazioni del suolo e

Fig. 127.

di grandi cataclismi, donde la discordanza de' varii piani. Emersero in quell'epoca il basalte, la dolerite e simili.

10° Subito sotto si ritrovano i terreni assai sviluppati nei monti Giura di Svizzera, e però detti *giuresi*; che per lo più sono costituiti da rocce calcaree, argillose, bituminose, a strati nelle rocce settentrionali spesso orizzontali, ma nelle meridionali rialzati, e sconvolti in mille guise e composti a montagne assai elevate: contengono gran numero di ammoniti (fig.127.), di belemniti (forse avanzi di una specie di seppie sotto forma di bastoncelli a punta), crinoidi, rettili, sauroidi giganteschi con piante fossili vicine a quelle dei ter-

reni più antichi, cioè palme e felci. La parte superiore fu detta *oolitica*, perchè è ordinariamente un calcare oolitico distribuito nei piani: *portlandiano* coll'oolite di *Portland* o *Portlansdone* degli Inglesi, *kimmerigiano* o di *Kimmeridge*, *coralliano* con madrèpore ed altri polipai, *oxfordiano* dell'argilla di Oxford, *calloviano* della grande oolite di calcarei scistosi (*corn-brash* degli Inglesi), *batoniano* assai sviluppato a Bath con marne argillose, *baiociano* o di Bayeux (*Baiou* degli antichi) dei calcarei oolitici composti con ferro oolitico. La parte inferiore poi è detta *liassica*, perchè in Inghilterra si dicono *lias* certi strati che vi appartengono. Essa à molti ammoniti, ittiosauri, e plesiosaurii (fig.128.), e costa di tre gruppi: *piano toarciano* o di Touars (*Toarcium*) di calcaree compatte e marne sfogliate, *sinemuriano* o di Semur (*Sinemurium*) di arenarie quarzose calcaree con marne e lumachelle.

11° Il più basso dei terreni secondarii è il *triasico* o *trias*, così detto perchè in Germania si distingue in tre gruppi; il primo dei quali, quello cioè delle marne iridate, contiene molti banchi di salgemma e fa il così detto *piano salifero*, gli altri due, cioè quello del calcare conchiglifero e quello dell'arenaria perliana, vengono da taluni riuniti nel solo *piano conchigliare*. Anche questi sono poco sconvolti nel nord di Europa, ma assai a sud; e sono i più antichi nei quali ritrovinsi uccelli, chelonii, molluschi, ammoniti, con molte specie di rettili giganteschi e di encrini. I sollevamenti sembrano prodotti da emersioni di argillofiri, e leerzoliti.

12° Si riferiscono all'epoca paleozòica e chiamansi *terreni di transizione*, *protozoici*, *primarii* tutti i terreni sottoposti ai triasici fino ai privi di fossili; i quali terreni sono quasi un passaggio dai cristallini ai secondarii, e contengono i primi animali che comparvero sulla superficie del globo. Vengono essi divisi in quattro piani. Il più alto è detto *permiano* da Perm di Russia, o *peneano* da *povero* perchè la sua arenaria rossa in Germania è povera di minerali metalliferi. Contiene sopra scisti cupriferi, calcarie, e dolomie con fossili, e sotto è una vera arenaria che passa dalla tessitura granosa finissima alla puddinga più grossa, a ciottoli di quar-

zo cementati, e manca quasi di fossili. Quello che viene sotto dicesi *piano carbonifero*, perchè è il solo che contenga in abbondanza il vero carbon fossile, e possiede numerose impronte di vegetali dei tropici, per esempio felci erbacee. Il carbon fossile forma strati, per lo più di poca potenza, intercalati a quelli di argilla e di arenaria, dove grossi dove fini e talora ripiegati a zigzag. Esiste in tutte le parti del Mondo ed è l'ultimo, in cui rinvengansi avanzi di cirripedi, d'insetti, di aracnidi, di foraminiferi, di pesci paleonischi;

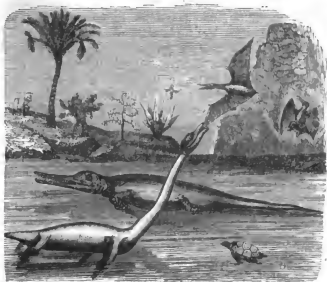



Fig. 128. Ristaurazione dei saurii dell'epoca giurese.

ed è ricco di pesci placoidi e ganoidi, e di una vegetazione elegantissima di felci arboree con fronde finamente dentellate rivaleggianti in grandezza colle conifere e con cortecce trapunte a bei rabeschi. Sotto vi è il *devoniano* abbondante nel Devonshire, formato di strati di arenarie, puddinghe, e conglomerati diversi. I due terreni più bassi detti *siluriano* l'uno, e *cambrico* l'altro, perchè bene sviluppati in Inghilterra il primo nell'antico regno di Siluri, l'altro nel Cumberland vengono riuniti in un solo sotto nome di *si-*

luriano. Sono essi i più antichi, nei quali s' incontrino dei fossili; e questi sono pesci anellidi, molti crostacei trilobiti, e molti avanzi di vegetali assai semplici. Anche qui oscillazioni del suolo, e grandi cataclismi prodotti dall'emersione di graniti, sieniti, melafiri, rocce amfiboliche, ecc.

13° Chiudono la serie de' terreni stratificati le rocce senza fossili, costituite da silicati, e quarzo con gneiss, micascisti, steascisti, sempre sottoposte alle sedimentarie e posate sopra graniti e simili rocce cristalline non istratificate. Le quali formano i terreni chiamati *azòici*, *cristallini*, *metamorfici*, *primitivi*, che mostrano di essere stati i primi a solidarsi.

14° Dai fatti esposti fin qui si raccolgono i seguenti risultati: I. In ogni epoca anteriore alla presente la temperatura della superficie terrestre fu uniforme da per tutto, e un poco più alta di quella attuale alla zona torrida. II. Tutte le classi degli animali comparvero insieme, e fin dalla prima epoca aveano gli stessi organi di respirazione che ànno al presente: ma il numero degli ordini d'animali va crescendo dai terreni antichi ai più moderni. III. Dei pressochè **2800** generi conosciuti d'animali poco più di **1300** comprendono sole specie viventi, gli altri **1500** si conoscono allo stato fossile; e di questi **16** abbracciano specie sparse in tutte le epoche, poco più di **900** non si trovano che fossili, e gli altri sono fossili e viventi, ma limitati a terreni speciali. IV. Le **24000** specie conosciute di fossili formano tante faune differenti e successive quante sono le divisioni adottate dai Geologi nella successione dei terreni sedimentarii; e si attribuisce ai cataclismi, che diedero origine alle montagne, l'estinzione delle faune alla fine di ogni epoca geologica.

15° La perfetta armonia, che rinviensi fra un antichissimo libro, e le deduzioni di una recentissima scienza, manifesta la medesimezza di Autore del libro mosaico, e delle leggi geologiche.

FINE DEL TOMO I.

INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE NEL PRESENTE VOLUME.

PERCHÉ QUESTI NUOVI ELEMENTI DI FISICA . . . . . pag. 5

PROLEGOMENI. **Oggetto, strumenti e logica della Fisica. Partizione della presente Opera.**

1. *Oggetto e rilevanza della Fisica* . . . . » 11
2. *Fine prossimo dello studio della Fisica* . . . . » 18
3. *Logica della Fisica* . . . . » 20
4. *Strumenti del ragionamento Fisico* . . . . » 25
5. *Oggetto, parti, e scopo dell' Opera.* . . . . » 28

FISICA OSSERVATIVA.

6. INTRODUZIONE. *Oggetto e divisione di questa Parte* . . . . » 31

SEZIONE PRIMA.

FISICA CELESTE.

9. PROEMIO. *Partizione della presente Sezione*. . . . . . . » 33
10. *Realtà ed apparenze fisiche* . . . . » 34

CAPO PRIMO.

FABBRICA APPARENTE DELL' UNIVERSO.

11. *Divisione del presente Capitolo* . . . . » 36

ART. I. **Aspetto dell'Universo.**

12. *Opinioni sulla forma del Mondo*. . . . . » 36
13. *Orizzonte, suoi poli, e punti cardinali* . . . . » 37
14. *Forma della Terra* . . . . » 42
15. *Figura apparente del Cielo*. . . . . » 47
16. *Moto diurno della sfera stellata* . . . . » 50
17. *Piccolezza relativa della Terra* . . . . » 56

18. *Depressione dell'orizzonte e conclusione del presente Articolo.* pag. 68

Art. II. **Sole.**

19. *Moto proprio del Sole* . . . . . . » 70
20. *Varia lunghezza del giorno solare* . . . . . . » 77
21. *Meridiana, tempo vero, e tempo medio* . . . . . . » 83
22. *Zodiaco, e rotazione del Sole* . . . . . . » 86

Art. III. **Luna.**

23. *Moto proprio della Luna* . . . . . . » 89
24. *Rivoluzione sinodica della Luna* . . . . . . » 95

Art. IV. **Pianeti, e comete.**

25. *Novero dei pianeti* . . . . . . » 98
26. *Rivoluzione sinodica de' pianeti* . . . . . . » 103
27. *Rivoluzione periodica. ed altri fenomeni planetarii* . . . » 108
28. *Comete* . . . . . . » 111
29. *Chiusa dell'Articolo* . . . . . . » 115

Art. V. **Stelle.**

30. *Sfera parallela.* . . . . . . » 116
31. *Sfera retta.* . . . . . . » 118
32. *Sfera obliqua* . . . . . . » 118
33. *Processione degli equinozii* . . . . . . » 120
34. *Nutazione dell'asse* . . . . . . » 127
35. *Aberrazione* . . . . . . » 128
36. *Classificazione delle stelle* . . . . . . » 129

CAPO SECONDO.

FABBRICA REALE DELL'UNIVERSO.

37. *Oggetto del presente Capo e sua partizione.* . . . . . . » 134

Art. I. **Sistemi celesti.**

38. *Sistema caldeo e tolomaico* . . . . . . » 136
39. *Sistema italico e copernicano* . . . . . . » 141
40. *Sistema egiziano e ticonico* . . . . . . » 147

Art. II. **Sistema copernicano.**

41. *Rotazione diurna della Terra* . . . . . . » 148
42. *Rivoluzione della Terra intorno al Sole* . . . . . . » 153
43. *Il Sole centro del moto dei pianeti primarii* . . . . . . » 161
44. *Centri del moto della Luna e dei satelliti.* . . . . . . » 164
45. *Avvertimenti* . . . . . . » 168

Art. III. **Reale sistema planetario.**

46. *Nozioni preambule* . . . . . . » 171
47. *Parallasse diurna* . . . . . . » 173
48. *Altre nozioni preambule* . . . . . . » 176
49. *Parallasse annua* . . . . . . » 178
50. *Grandezza e distanza lineare dei pianeti* . . . . . . » 179
51. *Legge della descrizione equabile delle aree* . . . . . . » 185
52. *Legge delle orbite ellittiche dei pianeti* . . . . . . » 187

53. *Relazione fra gli anni planetarii, ed i semiassi principali.* pag. 191
54. *Conclusione* . . . . » 192
ART. IV. **Reale sistema stellare.**
55. *Spiegazione della precessione e della nutazione* . . . . » 193
56. *Distanza, grandezza, e natura delle stelle* . . . . . . » 196
57. *Forma reale dell'Universo* . . . . » 199

SEZIONE SECONDA.

FISICA TERRESTRE.

58. PROEMIO. *Oggetto e partizione di questa Sezione* . . . . » 200

CAPO PRIMO.

FENOMENI ATMOSFERICI, E TERRESTRI.

59. *Soggetto e divisione di questo Capitolo* 202
ART. I. **Meteore.**
60. *Generale classificazione delle meteore* . . . . » 203
61. *Pirometeore* . . . . » 204
62. *Idrometeore* . . . . » 212
63. *Aerometeore* . . . . » 218
64. *Conclusione dell'Articolo* . . . . » 223
ART. II. **Fenomeni terrestri.**
65. *Moti delle acque nei mari e fosforescenza* . . . . . . » 225
66. *Fontane e sorgenti* . . . . » 226
67. *Sorgenti di acque minerali e termali* . . . . » 228
68. *Esalazioni, terreni ardenti, salse, e mofete* . . . . . » 229
69. *Vulcani* . . . . » 230
70. *Terremoti* . . . . » 232

CAPO SECONDO.

GLOBO TERRACQUEO.

71. *Argomento del presente Capitolo* . . . . » 236
ART. I. **Geografia matematica.**
72. *Tema dell'Articolo e nozioni preambule* . . . . » 236
73. *Determinazione delle latitudini geografiche* . . . . . . » 238
74. *Determinazione delle longitudini geografiche* . . . . . » 239
75. *Metodo della triangolazione* . . . . » 241
76. *Criterii per la determinazione della figura della Terra* . . » 246
77. *Figura della Terra e sua reale grandezza* . . . . . . » 251
78. *Zone e climi* . . . . » 252

Art. II. **Storia naturale.**

79. *Nozioni preliminari di Storia naturale* . . . . pag. 255
80 *Notizie anatomiche intorno agli animali* . . . . » 256
81. *Prima classificazione degli animali* . . . . » 272
82. *Suddivisioni degli animali* . . . . » 277
83. *Prime nozioni di Fitologia.* . . . . » 290
84. *Nutrizione delle piante* . . . . » 293
85. *Riproduzione delle piante* . . . . » 299
86. *Classificazione dei vegetali* . . . . » 307
87. *Nozioni fondamentali di Mineralogia* . . . . » 314
88. *Descrizione dei minerali.* . . . . » 316
89. *Classificazione e descrizione delle rocce* . . . . » 324
90. *Disposizione ed origine delle rocce* . . . . » 330

ERRATA CORRIGE.

PAGINA	LINEA	INVECE DI	LEGGI
8	37	d'onde	dondechè
10	8	quì	qui
10	14	fin quì	finora
10	15	dagli affetti	dagli effetti
15	13	sgontaneo	spontaneo
27	33	qualità	quantità
49	14	azimutto	azzimutto
64	10	(DP)	(DE)
85	28	coincida	coincide
90	1	28 gradi dallo zenit	28 gradi dall'equatore
101	11	e quest'ultimo	ed il secondo
104	18	l'opposizione	l'*opposizione*
114	31	1774	1772
114	33	2110	2417
133	14	lattea, ne à numerato	lattea à numerato
133	14	50 mila.	50 mila stelle.

IMPRIMATUR

Fr. Hieron. Gigli Ord. Praed. Sacr. Pal. Ap. Mag.

IMPRIMATUR

Petrus Villanova-Castellacci Archiep. Petr.
Vicesg.